اهداءات ٢٠٠٤

الأستاذ / محمد نبيل
خبير حاسب آلي- الإسكندرية

الموسوعة الصغيرة

تصدرها

دائرة الشؤون الثقافية والنشر

بغداد / الجمهورية العراقية

الموسوعة الصغيرة
(١٦٣)



١٩٨٥

الفيزياء والفلسفة
الجزء الثاني

د. محمد عبد اللطيف مطلب

القســم الثالث

بعض النظريات الفيزياوية
ومسائلها الفلسفية

الميكانيك علم يدرس حركة الاجسام والسستمات المادية بتأثير القوى ، ويقيم نظاما من المفاهيم والقوانين الاساسية ، او مبــاديء عامة مكافئة لها ، لوصــف المسائل الميكانيكية وحلها عمليا •

والميكانيك الكلاسيكي ، أو مكيانيك نيوتن ، من نظريات الفيزياء الاساسية ؛ وهو يحتل موقعا خاصا بين فروع الفيزياء • فقد بدأ به تطورها ، واصبحت مفاهيمه العامة (كالشــغل والطاقة والكتلة والقوة) وطرقه الرياضية (كمعالجة الحركة بواسطة معادلات تفاضلية وتكامليــة) مفاهيم وطرقــا اساسية لكــل الفيزياء • وهـــو يعالج تغــيرات المكان للاجســام الماكروسكوبية وتفاعلاتها الميكانيكية بصـــورة ملائمة بالدقة الممكنة • ويشتمل موضوع هذه النظرية على مجمل الاجسام الارضية والاجرام الفلكية الى درجة

مقربة تقريبا جيدا . وينطبق الميكانيك الكلاسيكي على الاجسام التي تتحرك بسرع صغيرة جدا بالمقارنة مع سرعة الضوء ، والتي ابعادها كبيرة بالمقارنة مع قطر الذرة ، وصغيرة بالمقارنة مع الابعاد الكونية الشاسعة ، وحينما يكون الفعل (حاصل ضرب الطاقة بالزمن) مع كوانتم الفعل لبلانك . هذه الحدود المرسومة لمجال صحة الميكانيك الكلاسيكي لم يضعها الميكانيك الكلاسيكي نفسه ، انما تبينت في عملية تطور نظريات فيزياوية اعم .

وجدت اولى الافكار في الميكانيك لدى ارسطو . وكان البحث عن فعل القوى الفيزياوية على حركة الاجسام نقطة انطلاق في هذا الموضوع . فقد اعتقد ارسطو ان الجسم يبقى متحركا ما دامت تعمل عليه قوة محركة بصورة مباشرة ؛ فأن توقفت تلك القوة عن العمل ، أوفقد الجسم اتصاله بها ، توقف الجسم . وقد نشأت فكرة الحركة في الميكانيك الكلاسيكي

وتبلورت في الصراع مع فكرة الحركة الارسطية التي سادت ما يقرب من الفي سـنة •

ارتبطت مسألة الجاذبية بنشأة الميكانيك ارتباطا وثيقا • وساهمت صورة العالم الكوبرنيكية بشكـل حاسم في تطوير الافكـار الحديثة في هذا العلـم • فاكتشف كبلر قوانين حركة الكواكب حول الشمس ؛ واسس غاليليو بطريقته التجريبية ـ الرياضية الفيزياء الجديدة بصورة عامة، والديناميك على وجه الخصوص • وواصل هيجنس هذا الاتجاه في القرن السابع عشر ؛ وبلغ نيوتن القمة في هـذا المسعى ، اذ اكتشف مـع لايبنتس في نفس الوقت الاداة الرياضية الضرورية ـ حساب التفاصيل والتكامل ـ لايصال علم الميكانيك الى ذروتـه •

يتميز الميكانيك الكلاسيكي عن ميكانيك العصرين القديم والوسيط بفكرة جديدة عن « القصور الذاتي » (الاستمرارية) inertia وفكرة جديدة عن

فعل القوة .وقد صاغ نيوتن هذه الافكار في قوانين (سماها بديهيات axioms) تنص على ما يلي :

القانون الاول (قانون القصور الذاتي) يكون الجسم المتحرر من فعل القوى في حالة سكون او في حالة حركة متسقة مستقيمة في مرجع معين . ويسمى المرجع الذي تنسب اليه حركة ذلك الجسم « مرجعا تصوريا » ، وتنسب قوانين الميكانيك الاخرى الى هذا المرجع .

القانون الثاني (القانون الاساسي في الميكانيك) : القوة العاملة على الجسم (النقطة الكتلية) تساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في تعجيله (أو مشتقة الزخم بالنسبة للزمن

$$F = \frac{d(mv)}{dt}$$

القانون الثالث (قانون التفاعل) : القوة التي يمارسها جسم آخر تساوي القوة التي يمارسها الجسم الثاني على الجسم الاول وتعاكسها في الاتجاه (أو : الفعل يساوي رد الفعل ويعاكسه في الاتجاه) .

نجح نيوتن في ميكانيكه بشكل قاطع في معالجة « فيزياء الارض والسماء » ، أي حركات الكواكب والاجسام الماكروسكوبية على الارض في نظرية موحدة • وبهذا وضعت مقابل صورة العالم الارسطية التي سادت قرابة الفي سنة اول صورة فيزياوية موحدة للعالم ، مفاهيمها الاساسية : الفضاء والزمان والحركة والقوة والكتلة • وقد عرف نيوتن الكتلة كحاصل ضرب كثافة الجسم في حجمه • واعتبر الفضاء والزمان في ميكانيكه « مطلقين » ، أي مستقلين عن المادة وحركتها ، ولا يتاثران بها • وبقي الأمر كذلك حتى نشوء النظرية النسبية • وكان الموديل الاساسي في الميكانيك هو « النقطة الكتلية » •

اعتقد نيوتن أن الاله قد اعطى الاجرام السماوية « الدفعة الاولى » فحركها ؛ ثم لم يتدخل بعد ذلك الا لأصلاح الأختلال الذي يحصل في حركة الكواكب حول الشمس جراء تأثير بعضها على بعض • ولكن « الدفعة

الاولى » تلك لم تكن جزءا ضروريا من النظرية الفيزياوية • وقد بينت الحسابات التالية (اويلر ، لابلاس ، كاوس) ان استقرار النظام الشمسي مضمون لأزمان مديدة جدا •

تطور الميكانيك في القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر تطورا يسمى احيانا بـ « بلوغ صياغة الميكانيك درجة الكمال » • فقد وسع ليشمل حركة سستمات النقاط الكتلية والأجسام الصلده والسائلة على يد اويلر والامبير وانيل برنولي وبوانسو • وطورت الطريقة التحليلية التجريدية في معالجة المسائل الميكانيكية على يداويلر ودالامبير برنولي وبوانسو • وطورت وفي تشييد صرح الميكانيك هذا لم يغير هيكل المفاهيم ولا البنية الأساسية للنظرية تغيرا جذريا •

ثبتت ظرية الميكانيك بشكل باهر في التطبيق ، ومددت في الزمن اللاحق لتشمل ظواهر لم تكن مفهومة آنذاك • وفي التطور التالي بذلت المساعي لأرجاع كل

الفيزياء الى الميكانيك • واصبحت بنية هذه النظرية ، وهي اولى نظرية فيزياوية ــ رياضية ، نموذجا لبنـــاء النظريات الفيزياوية التالية ؛ ولم تتبين حدودها الا في مجرى تطور الفيزياء •

نشأت اولى الشكوك في الصحة الشمولية للميكانيك الكلاسيكي عند تطوير الثرموديناميك ، خاصة القانون الثاني منه • كما نشأت صعوبة في تفسير انتقال الضوء بتصورات ميكانيكية • فقد كان انتقال الضوء يفسر بواسطة موديلات ميكانيكية مختلفة « للاثير » • ولكن التصورات الأثيرية اصبحت بعد ذلك مصدر متاعب للميكانيك ــ كما قـــال ماكس بلانك • وقد طـــور ماكسويل الألكتروديناميك الذي يمكن ان يضم بدور تغيير الى فيزياء خالية من الأثير • وبالرغم مـــن ان ماكسويل عند تطويره الألكتروديناميك قد استخدم في البدء موديلات ميكانيكية ، فقـــد فتحت نظريته ثغرة واسعة في صـــورة العالم الميكانيكية لفيزياء القـــرن

التاسع عشر . وقد بينت الفيزياء الاحصائية والنظرية النسبية والميكانيك الكوانتي بصورة نهائية حدود الميكانيك الكلاسيكي . ففي الميكانيك النسبي تم توسيع الميكانيك ليشمل اية سرعة مسموح بها فيزياويا . اما قوانين حركة الجسيمات الميكروسكوبية فقد عالجها الميكانيك الكوانتي غير النسبي . واما توحيد الميكانيك النسبي والميكانيك الكوانتي في ميكانيك كوانتي نسبي فلم يتم حتى الان بصورة كاملة وناجحة .

اصبح الميكانيك الكلاسيكي سندا علميا ـ طبيعيا اساسيا للأفكار الفلسفية عن وحدة العالم المادية . وكان بناؤه عملية جدلية ظهرت في صياغة المقادير والمفاهيم الفيزياوية ، وفي الرابطة الجدلية بين طرق البحث التجريبي والنظري وجدلية العناصر التجريبية والعقلانية والعقلاني في بناء النظرية .

على اساس الميكانيك الكلاسيكي الناجح تولد الاعتقاد بأن جميع القوانين الموضوعية يمكن ارجاعها

الى قوانين الميكانيك الكلاسيكي • هكذا كان الحال في « المادية الميكانيكية » التي كانت تستند الى علوم الطبيعة في القرن الثامن عشر ، ولذلك كانت الفكرة مرتبطة بمستوى العلم آنذاك • فتعميم قوانين نيوتن (لاگرانج، هاملتون) جعل بالمستطاع وصف حركات منظومات ميكانيكية بالغة التعقيد ، بحيث نشأ الأعتقاد بأن حل المعادلات التفاضلية للحركات الميكانيكية يكفي لتفسير كل ما يحدث في الطبيعة (حتمية لابلاس) • هكذا اختزلت جميع انواع الحركة الى النوع الميكانيكي ، وكان النوع الوحيد المعترف به من الحركة هو تغير المكان ميكانيكيا • وساد الشعور في القرن التاسع عشر بأن الحقيقة النهائية قد كشف عنها ، واعتبرت الموديلات الميكانيكية تجسيدا للمعرفة العلمية ، ونقلت البنى الرياضية المستخدمة بنجاح في الميكانيك الكلاسيكي الى جميع الروابط في الواقع الموضوعي ، واعتبرت تلك العلاقات الرياضية مساوية للعلاقات الموجودة في ذلك الواقع •

كان نيوتن قد كتب في كتابه الرئيسي « الأسس الرياضية للفلسفة الطبيعية » الـذي اعطى للميكانيك الكلاسيكي شكلا متكاملا : « اتمنى لو استطعنا تفسير ظواهر الطبيعة الأخرى بمباديء ميكانيكية بنفس النوع النوع من الاستنتاجات » [٢٩] . من هذه الكلمات يتضح ان نيوتن نفسه كان اكثر حذرا من اتباعه وخلفائه في تقديم منهاج البحث هذا الذي يتماشى مـع المادية الميكانيكية . فالأفكار المادية الميكانيكية التي عرضها عن بنية المادة وحركتها قد وصفها بـ « الأمكانية » ، ولم يقدمها كحقيقة نهائية كما فعلت المادية الميكانيكية في القرن الثامن عشر . لقد كان تفكير نيوتن مختلفا عن التفكير الميكانيكي الميتافيزيقي . وقد بين تطور العلم ان المنهاج الذي بدأ بغاليليو ، ووصل الى الماديين الفرنسيين عبر نيوتن ، في ارجاع جميع ظواهر الطبيعة الى حركات ميكانيكية غير قابلة التحقيق ، ولايمكن التمسك به حتى داخل الفيزياء .

فقد ابان تطور الفيزياء ، لاسيما الألكتروديناميك والضوء في النصف الثاني من القرن التاسع عشر ، والفيزياء الحديثة في القرن العشرين ، ان الصورة الميكانيكية عن الطبيعة محدودة ومبسطة • فمعادلات ماكسويل الكهربامغناطيسية التي تبين تغير المجال الكهربامغناطيسي في الفضاء والزمان لا يمكن ارجاعها أو اختزالها الى معادلات الميكانيك الكلاسيكي ؛ وهي مختلفة عن هذه نوعيا ، وتخص بحقول اخرى من احداث الطبيعة • وقد تبينت محدودية مفهوم « الحالة » الميكانيكي ، فوسع هذا المفهوم ليعني مجموع الصفات النوعية والكمية التي يحوزها الجسم أو السستم في زمن معين• وبذلك تدخل فيهذا التعريف الصفات الميكانيكية والكهربامغناطيسية والكيمياوية والبيولوجية •••

والميكانيك وحده لا يستطيع تفسير العمليات المعقدة في الطبيعة ، وهو اعجز مع العمليات النفسية والأجتماعية • فالتفكير الميكانيكي ينظر الى المنظومة

الميكانيكية وسلوكها من مجموع اجزائها المفردة وحركات هذه الأجزاء فقط ، ولهذا فهو يعجز عن تفسير الصفات والمظاهر الجديدة التي تكتسبها المادة حينما تتكون بنى وتراكيب من نوعية جديدة • فالاشكال العليا لحركة المادة تختلف عن شكل الحركة الميكانيكي ، وهي نوعيات جديدة نشأت نتيجة لتطور المادة • ولم يكن بأمكان الميكانيك ان يفسر الظواهر الكهربائية والكيمياوية ، بل التطور العضوي والاجتماعي •

لاتلعب فكرة التطور في فيزياء نيوتن اي دور • وقد استغل هذا للزعم بأن الميكانيك الكلاسيكي اسلوب ميتافيزيقي في التفكير • ولكن هذا لا ينطبق الا على نظرة المادية الميكانيكية الميتافيزيقية المتخذة خارج الميكانيك الكلاسيكي ، والتي لا يؤيدها الميكانيك الا حينما ينظر اليه كنظام من مقولات عن اشياء مادية لا تتغير • ولكن هذه ليست صفة لازمة له ؛ يدل على ذلك كتاب كانت « تاريخ الطبيعة العام ونظرية السماء »

(١٧٥٥) • فقد حاول كانت اقامة نظرية عن نشوء النظام الشمسي وتطوره اعتمادا على ميكانيك نيوتن •

ليس من الصحيح ان يطلب من نظرية الميكانيك ، أو اية نظرية فيزياوية ، ان تنطلق من قابلية تغير جميع الظواهر والعمليات في الواقع الموضوعي، أو ان تستوعب الرابطة الكونية بكليتها ، فذلك يعني بالتأكيد اعاقة تطوير اية نظرية فيزياوية • فلتطوير الميكانيك الكلاسيكي أو أي حقل من حقول الفيزياء والعلوم الاخرى ، من الضروري الاعتراف بأمكان فصل الاشياء والظواهر والعمليات (فكريا أو تجريبا) ، وعزلها عن الرابطة الكونية الشاملة ، واعتبار القوانين المكتشفة لتلك الحالات المعزولة في ظروف معينة ممثلة لعلاقات عامة ، ضرورية ، جوهرية ، للأجسام المعنية في الرابطة الكلية •

لايمكن ان تكون طريقة التفكير المستخدمة في الميكانيك ميتافيزيقية الا حينما يستنتج المرء من صحة قوانينه المنطبقة على حركة الأجسام الماكروسكوبية ،

ان تلك الأجسام نفسها لا متغيرة ؛ أي يجب التفريق بين التجريدات التي اعتمدت عليها النظرية في معالجتها حركة الأجسام . وبين الأجسام الواقعية التي تعالجها تلك النظرية .

من هذا يتضح ان « المادية الميكانيكية » ليست نتاجا مباشرا للميكانيك ، وهو لا يقود اليها بذاته ،انما هي نتيجة فهم الميكانيك فهما ميتافيزيقيا ، وتعميم هذا الفهم الى فكرة فلسفية . والميكانيك نفسه ليس « ميكانيكيا » ! أي انه ليس ميتافيزيقيا ..

ان الفيزياء لا تلد الفلسفة بنفسها . والانتقال من الميكانيك الكلاسيكي الى الميكانيك النسبي (النظرية النسبية) ليس انتقالا من التفكير الميتافيزيقي الى التفكير الجدلي . فأن كانت كتلة الجسم مثلا تعتبر في الميكانيك الكلاسيكي مقدرا ثابتا ، فليس ذلك تعبيرا عن قصور في التفكير الجدلي . وحدود الميكانيك الكلاسيكي ليست حدودا بين التفكير الميتافيزيقي والجدلي .

الثرموديناميك

الثرموديناميك حقل من حقول الفيزياء يعالـــج الظواهر والخواص الحرارية للأنظمة (السستمات) الماكروسكوبية • ويدرس الثرمو ديناميك الكلاسيكي الحالات المتوازنة ، التي تتعين بمجموعة من المقاديـــر الثرموديناميكية (الضغط ، الحجم ، درجة الحرارة ، الطاقة الداخلية والحرة للسستم) • وهذه المقاديـــر ليست مستقلة عن بعضها عموما ، انما ترتبط ببعضها بمعادلات الحالة • وتغير السستم من حالة متوازنة الى حالة اخرى ، والطاقة الحرارية والميكانيكية المصاحبـــة بذلك ، يمكـــن ان تحسب في الثرموديناميك باستخدام قوانينه الرئيسية • فالثرموديناميك الكلاسيكي يستطيع تقديم مقولات كمية عن التوازن الثرموديناميكي فقط ، اما العمليات اللا متوازنة فيعالجها ثرموديناميك العمليات اللا انعكاسية معالجة كمية •

من الناحية التاريخية تطور في البداية « الثرموديناميك الظواهري » الذي يعالج الخواص والعمليات الماكروسكوبية المرئية ، دون الاهتمام بالخواص والعمليات الذرية والجزئية . ثم نشأ بعد ذلك « الثرموديناميك الأحصائي » ، الذي يعتمد على حركة الذرات والجزيئات وتفاعلها .

تحول « علم الحرارة » الى « الثرموديناميك » كجزء من الفيزياء النظرية خلال النصف الاول من القرن التاسع عشر . وكان العامل الحاسم في ذلك هو التحرر من القيد الفكري القائل بأن كل موضوع نظري في الفيزياء يجب ان يكون جزءاً من الميكانيك ، وهو تفكير كان يغذيه تصور ان الحرارة مادة « صفتية » . وقد قام فورييه J.B. Fourier عام ١٨٢٢ بأول خطوة اساسية نحو نظرية ثرموديناميكية مستقلة عن الميكانيك ، اذ درس اساليب قياس كميات

الحرارة بصورة منتظمة ، وعالج ظواهر التوصيـــل الحراري معالجة رياضية . وكان يهتم بأن تكـــون نظريته عن الحرارة دقيقة دقة الميكانيك ، رغم انهـــا ليست جزءاً منه . وبهذا تجاوز صورة العالم الميكانيكية في عصره ، ولو انه بقي متمسكا بفكرة ان الحرارة مادة صفتيـــة .

وانطلق كارنو S. Carnot ايضا في بحثـــه « قوة النار المحركة » (١٨٢٤) مـــن التصور الصفتي للحرارة ، حيث اشتق مقدار الشغل الميكانيكي المنجز عند انخفاض درجة حرارة مقدار ثابت من «المـــادة الحرارية »مـــن مستوى اعلى الى مستوى اوطـــأ وكان اهم مافي بحثه مقولات عن مقـــدار الشغـــل الذي يحدد اكبر نجاعة يستطيع التطور التكنيكي ان يتوصل اليها ، والطرق اللازمة لذلك . هنا كان كارنو يعتبر الحرارة شكلا من اشكال الطاقة ، اذ طـــور

افكارا عن العلاقة الكمية بين وحدات الحرارة والطاقة الميكانيكية .

كانت صياغة القانون الرئيسي الأول للثرموديناميك الذي ادى الى مفهوم موحد عن الطاقة تتويجـــا لأعمال سابقة قام بها العديد من العلماء . وقد ساهمت في تلك الصياغة بصورة مباشرة بحوث روبرت مايــر R. Mayer (١٨٤٢) النظرية ، ودراسات جيمس حول J. Joule التجريبية (في نفس الوقت تقريبا) . وقد حسب ماير المكافيء الميكانيكي للحرارة اعتمــادا على الحرارتين النوعيتين للهواء : تحت حجم ثابت وتحت ضغط ثابت . وصاغ هلمهولتس Helmholtz (١٨٤٧) هذا القانون صياغة دقيقة لأول مــرة .

ادى التطور التالي للثرموديناميك في القـــرن التاسع عشر الى ارجاع مفاهيمه الأساسية الى مفاهيــم

من ميكانيك سستمات ذات عناصر هائلة العدد • وقد قام بولتسمان Boltzmann بالأنجاز الحاسم بهذا الصدد بفكرته الأحصائية التي ادخلها في الثرموديناميك فالفيزياء الأحصائية تفسر الكميات القابلة للقياس في الثرموديناميك (درجة الحرارة ، الضغط ، كمية الحرارة) بواسطة حركة الدقائق الصغرى للمادة ،وتعتبر الحرارة طاقة حركية للجزيئات •

اما القانون الرئيسي الثاني للثرموديناميك فقد اقترب منه كارنو (١٨٢٤) في بحثه في عملية الدورة الثرموديناميكية ، وابدع شكله النهائي منذ عام ١٨٥٠ كل من وليام تومسون (لورد كلفن) Kelvin ورودولف كلاوزيوس R. Clausius الذي طور مفهوم الأنتروبي بصورة واضحة • ووصل الثرموديناميك ببحوث جبز J.W. Gibbs درجة

عالية من التجريد والأستقلال عن الأفكار المتعلقة ببنية المادة •

كان للثرموديناميك الكلاسيكي تأثير كبير على تطور الفيزياء اللاحق • فقد طور بلانك نتائج الدراسات عن « اشعاع الجسم الأسود » (يسمى احيانا اشعاع الكهف) ، ووضع فرضية جديدة عن طاقة الأشعاع ، ظهر فيها لأول مرة « كوانتم الفعل » h (ثابت بلانك) • وكانت النتائج المشتقة من هذه الفرضية تطابق المعطيات التجريبية المقاسة • ولم يستطع الثرموديناميك الكلاسيكي تفسير الحرارة النوعية للأجسام الصلبة في درجات الحرارة الواطئة ، فتوصل آينشتاين الى هذا التفسير بالأستعانة بفرضية بلانك • واكتشف نرنست W. Nernst القانون الثالث للثرموديناميك عام ١٩٠٦ •

تركز البحث في القرن العشرين بالمقام الأول في مجالات درجة الحرارة غير المألوفة (الواطئة جـــدا والعالية جدا) والعمليات اللا انعكاسية ٠

قوانين الثرموديناميك الرئيسية

قوانين الثرموديناميك الرئيسية قوانين تجريبيــة عامة اساسية تحكم السستمات الثرموديناميكية ،ويمكن اشتقاقها من الأحصاء ، خاصة الاحصاء الكواتتي ٠ وهي ثلاثة ، يضاف اليها احياناً « قانون الصفر » ، ويغضـــ النظر عنه احياناً اخرى ، اذ يعتبر وجوده امـــــراً مفهوماً مسلماً به سلفا ٠ وكما سيتبين ، يمكن صياغـــة القانونــين الأول والثانـــي صياغـــات متعـــــــددة متكافئـــــــــــة ٠

قانون الصفر (قانون درجة الحرارة) : ان جسمين يجري بينهما تبادل حراري مدة كافية ، يوجدان بحالة موحدة تكون فيها « درجة الحرارة » مقياساً خاصـــاً

جديداً للحالة ، ويكون لكل من الجسمين نفس درجة الحرارة ، ويوجدان في توازن حراري •

القانون الأول (قانون الطاقة) اعتمد على اكتشاف ان الحرارة شكل من اشكال الطاقة ، تظهر بهيئة الطاقة الحركية للذرات والجزيئات (تكافؤ الحرارة والشغل الميكانيكي) ، وعلى الحقيقة الثابتة تجريباً في ان اشكال الطاقة (الميكانيكية ، الحرارية ، الكهربائية ، الكيمياوية ، •••) يمكن ان تتحول الى بعضها بنسبة ثابتة • وينص هذا القانون على ان : الطاقة الكلية المحتواة في سستم معزول مغلق (وهو الذي لا يستلم طاقة من الخارج ولا يسربها اليه) تبقى ثابتة • فأن اختفت كمية من نوع من الطاقة، نشأت نفس الكمية من الطاقة من نوع آخر • واذا أدخل الى السستم مقدار من الحرارة $\triangle Q$ ازدادت الطاقة الداخلية بمقدار $\triangle U$ من ناحية ، وانجز السستم شغلا نحو الخارج $\triangle W$ ، بحيث ان

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

• ويمكن صياغة القانون الأول ايضاً كما يلي : الماكنة المستديمة من النوع الاول مستحيلة • ويقصد بـ « الماكنة المستديمة » تلك الماكنة التي تنجز شغلا دون ان تدخل اليها كمية مكافئة من طاقة اخرى ، او بدون ان ينقص ماكان فيها من طاقة•

القانون الثاني (قانون الأنتروبي) يكمل القانون الأول ، وينبئنا بالأتجاه الذي تجري به تحولات الطاقة في سستم متروك لشأنه (دون تدخل من الخارج) ويعتمد هذا القانون على الحقيقة التجريبية الثابتة في ان كمية معينة من الحرارة لايمكن تحويلها كلها الى شغل ميكانيكي تماما • ويمكن ان يصاغ هذا القانون كما يلي : الحرارة لاتنتقل بذاتها تلقائيا (دون فعل خارجي) من جسم ابرد الى جسم اسخن ، او بشكل اعم : كل حدث في الطبيعة يجري بحيث ينتقل السستم من حالة اقل احتمالا الى حالة اكثر احتمالا • وادق

صياغــة لهذا القانــون يمكن التوصل اليها بمساعدة مفهوم « الأنتروبي » entorpy اذ تنص جينذاك على ان ، في سستم مغلق يبقى الأنتروبي في العمليــة الأنعكاسية ثابتا ، وفي العلمية اللاانعكاسية يزداد دائما، AS = 0 (قانون الأنتروبي) • ومن المعروف ان العمليات الماكروسكوبية في الطبيعة لا انعكاسية •

وهناك صياغة مكافئــة لذلك تنص على ان : الماكنــة المستديمة من النوع الثاني مستحيلة • والمقصود بهذا النوع من الماكنة تلك التي تعمل دوريا فتقوم بشغل بأن تستمد حرارة من مخزن حراري يتبرد بهذه العملية (صياغة كلفن وبلانك) • مثال ذلك : من غير الممكن ان تتحرك سفينة بشكل دائم بأن تأخذ الحرارة اللازمة لها من البحر ، فيتبرد بذلك ماؤه •

القانون الثالث (ظرية نرنست الحرارية) ، يعالج سلوك الأنتروبي قرب درجة حرارة الصفر المطلـــق

ويعتمد على الحقيقة التجريبية التي تبين ان في درجات الحرارة الواطئة جدا لا تتغير « الطاقة الداخلية » و « الطاقة الحرة » في الأجسام النقية المتسقة ، الصلبة والسائلة ، الا تغيرا ضئيلا جدا . وهذا يعني : تجري جميع الاحداث قرب الصفر المطلق دون تغير في الانتروبي، أي انها هنا انعكاسية . فعند التقرب من الصفر المطلق يصبح معامل التمدد والحرارة النوعية في الضغط الثابت والحرارة النوعية في الحجم الثابت صفرا .

وينتج من هذا ان : من المستحيل الوصول الى الصفر المطلق ، ولا يمكن التقرب منه الا اسيمتوتيا .

التفسيرات الفلسفية للقانون الثاني للثرمودنياميك

لم يؤد القانون الأول للثرموديناميك الى مشاكل في المفاهيم ، أو الى استنتاجات متنازع عليها ، سواء من وجهة تحول الشغل الميكانيكي الى حرارة ، أو من وجهة استحالة الماكنة المستديمة من النوع الاول . اما

القانون الثاني فأكثر تعقيدا ، لأن توليـد الانتروبي المستمر يفسر بأشغال مختلفة : مثل : « الموت الحراري » للعالم ، وتوجهه الى حالة قصوى من « **اللا انتظام** » .

أ ـ الانتروبي والموت الحراري

الأنتروبي يعني في اللغة قابلية التحول ؛ وهنـا يقصد به قابلية تحول الطاقة . وقد اتى كلاوزيوس بهذا التعبير الى الثرموديناميك عام ١٨٦٥ كمقدار في حالة فيزياوية يعطي درجة اللا انعكاس في العمليات الثرمو ديناميكي ، وخاصة تحوالات الطاقة .

قانون الطاقة (القانون الاول للثرمو ديناميك) وقانون الأنتروبي (القانـون الثاني) يعالجان ظواهر مختلفة . فالقانون الاول يثبت تكافؤ الطاقـة الحرارية مع الطاقة الميكانيكية ، دون ان يقول شيئا عن امكان جريان العملية الطبيعية أو اتجاهها ؛ بينما القانون

الثانـــي يفســـر العديـــد مـــن المشاهـــدات والخبر العمليـــة التـــي تبـــين الثانـــي ان التغـــيرات الماكروســـكوبيـــة فـــي الطبيعة ذات اتجـــاه ، ولها صفة لا انعكاسية ، مما قد يساعد في تفسير اتجاه الزمن. والعمليات الماكروسكوبية اللاانعكاسية في الطبيعة ، كالأحتكاك وتوصيل الحرارة والتنافـــذ في الغازات والسوائل تؤدي دائما الى زيادة الأنتروبي .

تطور مفهوم الأنتروبي بمرحلتين . ففي المرحلة الأولى (كلاوزيوس) كانت فكرة الانتروبي تقتصر على الحالة الماكروسكوبية ، ولها صـــفة ثرمو ديناميكية ــ ظواهرية . وفي المرحلة الثانية (بولتسمان ، بلانك) حل الفهم الاحصائي ــ الأحتمالي لقانون الأنتروبي ، اذ اصبحت احداث الطبيعة تفسر ميكروسكوبيا ، أي اعتمادا على حركة الذرات والجزيئات . وتتلخص هذه النظرة بأن تغيرات الأجسام الفيزياوية تجري من حالة ذات احتمال اقل الى حالة ذات احتمال اكبر .

ذهب بعض الفيزياويين الى امكان تطبيق القانون الثاني للثرمو ديناميك على الكون كله باعتباره سستما ثرمودينامیكيا متناهيا مغلقا . فقد ذهب و . تومسون (لورد كلفن) عام ١٨٥٢ الى ان « الاتجاه العام في الطبيعة هو تبديد الطاقة الميكانيكية » . وصاغ هلمهولتس فرضية « الموت الحراري » للكون صياغة صريحة لأول مرة عام ١٨٥٤ . وبعد ايراد مفهوم الأنتروبي الى الثرمو ديناميك صيغت هذه الفكرة بشكلها الحديث القائل ان الكون كسستم ثرمو ديناميكي متناه مغلق يسعى الى حالة توازن ، حيث يصل الأنتروبي قيمته القصوى ، وتتحول كل انواع الطاقة الى طاقة حرارية ، وتختفي الفروق في درجات الحرارة . وينتج من هذا ان المادة تتحول الى دقائق ليس بأمكانها ان تتفاعل فيما بينها . ولا يمكن لهذه الحالة ان تتحقق الا بطريقين : فاما ان الدقائق لا تستطيع التفاعل فيما بينها لأنها لا تلتقي ببعضها ، أو انها رغم التقائها ليس لها ما يكفي

من الطاقة للتأثير على بعضها • ولا يمكن ان تجري بعد ذلك عمليات ماكروسكوبية دون دفعة « من الخارج » •

والسستمات من هذا النوع لا تستطيع ان تنتقل بنفسها الى حالة يمكن فيها ان ينمو الانتروبي • فالتفاعلات المتبادلة بين العناصر تتوقف ، ويمسي التطور مستحيلا•

لهذا ففرضية الموت الحراري للكون هي في نفس الوقت فرضية « الموت البارد » لكل الحياة في الكون •

تتجاوز هذه الفرضية اهميتها الفيزياوية بسبب نتيجتها تلك • فقد استنتج الفلاسفة المثاليون ان تلك الحالة تعني نهاية العالم ، وان الكون الميت لا يمكن ان يعود للحياة الا بواسطة قوة « من خارج » الطبيعة ، يجب ان يسلم بها لكي يكون للعالم بكل ما فيه من اشكال الظهور المتعددة بداية ، كما كانت له نهاية • وقد بشر بهذه الفرضية فيزياويون وفلكيون بارزون كجيمس جينز وادنگتون (انكلترة) • كل ذلك يفسر

انتشار فكرة المـوت الحراري للكـون في البلـدان الرأسمالية .

وقد جرت على هذه الفرضية بعض التحويرات التي تتصل بتطور ثرمو ديناميك السستمات المفتوحة . ولكن ذلك يطرح مسائل علمية اختصاصية عديدة لم يتم حلها حتـى الآن ، منها : مسألة البنية الفيزياويـة للكون، مسألة امكان اعتبار الكون سستما ثرموديناميكيا مفتوحا ، وما اذا كانت المعالجة الثرموديناميكية في هذه الحال معقولة اطلاقا .

تتمتع فرضية الموت الحراري بأهمية نظر عالمية مباشرة . فهي تناقض الموضـوعة المادية في التعـدد اللانهائي لأشكال ظهور المادة في الفضـاء والزمان ، وجدلية النهائية واللانهائية .

ان العمليات المرصودة في الكون تناقض فرضية الموت الحراري ، اذ تجري عمليات كـونية تنشأ فيها

اجرام جديدة ، وتندثر اخرى ، وتحصل انفجارات هائلة في نوى المجرات ، وترتبط نجوم بأخرى • وليس لدينا حول ما يجري هنا من عمليات تحول الطاقة الا فرضيات اولية • وحل هذه المسألة واجب يقوم به البحث المقبل •

يحاول بعض الفلاسفة التأكيد باسم المادية على سيادة القانون الأول للترموديناميك ، ويذهبون الى ان الأعتراف بشمولية صحة القانون الثاني بدون قيـد يعني نفي صحة القانون الاول ، أو قانون حفظ الطاقة • هذا تفسير خاطيء لقوانين الترموديناميك • فقانون حفظ الطاقة لا يقول شيئا عن نوع الطاقة التي تحفظ ، انما يقتصر على القول : ان مجموع الطاقة يبقى ثابتا • وهو لا يناقض القانون الثاني الذي يعالج ظواهر وحقائق اخرى ــ كما سبق وان قلنا ؛ وكل منهما يتمتع بصحته واستقلاله • اما التشكيك بصحة القانون الثاني ، أو الايحاء بمحدودية فعله ، من اجل تجنب فرضية الموت الحراري ، فهو يجانب العلم ويبتعد عنه • فمن الخطأ

التشكيك بصحة الفحوى الموضوعي لقوانين الطبيعة ، من اجل تفنيد التفسيرات غير الصحيحة لتلك القوانين أو الاستنتاجات المغلوطه منها . والموقف الصحيح هو تبيان الظروف الموضوعية التي تنطبق فيها تلك القوانين . اما نعت القانون الثاني بأنه لا يصح بشكل صارم بسبب صفته الاحتمالية ، فلا يمكن ان يعتبر حلا للمسألة ، لأن المقولات الاحتمالية هي قوانين موضوعية ايضا ـ أي روابط تصف خواص سستمات مادية .

من القضايا التي يستمر البحث بها بهذا الصدد لأيجاد حل علمي لها هي :

ـ هل تترك المقولات الاحتمالية عـن السستمات الثرموديناميكية امكانيات غير محتملة مفتوحة ؟

ـ هل هناك في النظريات الحديثة ما يناقض القانون الثاني للثرموديناميك ؟

ـ أي ارتباط يوجد بين الانتروبي والأنتظام أو اللا انتظـام ؟

الانتروبي والانتظام واللاانعكاس والتطور

في التأويل الاحصائي(الاحتمالي) للثرموديناميك تنتشر النظرة في اعتبار الحالة الأكثر احتمالا وكأنما هي الحالة التي يكون فيها الـــلا انتظام على اشده . فالعالم ـــ حسب تلك النظرة يتحرك من حالة منظمة ، ولكنها اقل احتمالا ، الى حالة استقرار لا انتظام فيها ، ولكنها اكثر احتمالا . قد ينطبق هذا الوضع علـــى الغازات المثلى .ولكن النظام يعني تكوين بنى وسستمات تعمل فيها قوانين جديدة ، وتحصل فيها تفاعلات جديدة. ففي سستم الهيدروجين ـــ الأوكسجين ـــ الماء مثـــلا يكون الماء في الظروف الاعتيادية الحالة الأكثر احتمالا ، ولكنها بدون شك الاكثر انتظاما . وهناك امثلة عديدة يتبين فيها ان تكون البنى يرتبط بزيادة الأحتمال ، أي بزيادة الانتروبي . لهذا فالأنتظام هنا (وكذلك اللا انتظام) مفهوم انثروبومورفي (أي يتعلق بالانسان) يربط بالطبيعة بشكل اعتباطي .

من البين ان الطبيعة قد تطورت ، و تتوج هذا التطور بالحياة والأنسان • وقــد جرت عمليات هذا التطور باتجاه لا انعكاسي ، يجد تفســيرا له في مبدأ زيادة الأنتروبي • فلا انعكاسية عمليات الطبيعة قــد جعلت بالأمكان تكون مادة ذات بنية عالية التنظيم ؛ وهذا عكس ماتتطلبه فرضية الموت الحراري ، رغــم زيادة توليد الانتروبي في مجمل السستم •

يمكن تلخيص البحث حول هذه القضية بما يلي :

- الاحداث البيولوجية تشترط بعمليات لاانعكاسية؛ لذلك يتمتع توليــد الانتروبي بأهمية حاسمة في السستمات البيولوجية •
- التطور عملية لا انعكاسية •
- ربط زيــادة الانتروبي باللا انتظام اعتباطــي وانثروبومــورفي •

وعملية التطور ليست تتاليا ميكانيكيا ، فضائيا أو

زمانيا ، لحالات منفردة ، انما الحاسم فيها تكوين مستويات اعلى فأعلى لشكل وجود المادة ، أي حركتها • فتنظيم المادة الذي ازداد تعقدا ، وتكوين البنى المادية المعقدة ، هو الذي ادى الى نشوء الحياة وتطورها ، بما في ذلك التفكير والوعي • وهنا تلعب السستمات الثرموديناميكية دورا حاسما • فلم يمكن ان تبدأ هذه الظاهرة (الحياة) وتتطور حتى الآن لولا الصفة اللا انعكاسية لعملياتها الجزئية • والقانون الثاني لنثرموويتاميك يعكس مجرى الطبيعة القانوني وملأه المهم ـ التطور ، الذي كان اعلى نتاج له الانسان •

النظرية النسبية

كان فشل تجربة ما يكلسون ـ مورلي التي اريد بها قياس سرعة الارض المطلقة في « الاثير الساكن » منطلقا للفيزياوي الهولندي لورنتس لوضع التحويلات المعروفة باسمه (تحويلات لورنتس) التي حاول بها ان يفسر هذه التجربة بتقلص اطوال الاجسام باتجاه

حركتها (تقلص لورنتس ــ فتزجرالد) وبالتالي ثبات سرعة الضوء عند قياسها في أي مرجع قصوري • وكان ذلك في الجوهر محاولة من لورنتس لتفسير نتيجة التجربة مع المحافظة على اسس الميكانيك الكلاسيكي وفكرة الأثير •

النظرية النسبية الخاصة والعامة

النظرية النسبية نظرية فيزياوية عن الرابطة بين الفضاء والزمان والحركة (النظرية النسبية الخاصة ــ ١٩٠٥) ، واعتماد البنية الهندسية للفضا زمان على توزيع المادة في الكون كنظرية للجاذبية (النظرية النسبية العامة ــ ١٩١٥) •

افترض آينشتاين في النسبية الخاصة ثبات سرعة الضوء في جميع المراجع القصورية ، أي استقلالها عن حركة مصدر الضوء والراصد ، كحقيقة فيزياوية يبينها الواقع ، وعمم مبدأ النسبية الغاليلي الكلاسيكي (القائل بأن قوانين الميكانيك تبقى هي هي في جميع

المراجع القصورية) •بحيث اصبح يشمل جميع قوانين الميزياء • واستنتج من هاتين الفرضيتين نتائج لم تكن ممكنة في اطار الميكانيـك الكلاسيكي • واهم تلك النتائج هـي :

أ ــ نسبية المسـافة (تقلص الاطـوال باتجاه الحركة) •

$$L = L_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

ب ــ نسبية الزمن (تمدده ، تباطؤه حسـب السرعة) :

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

جـ ــ نسبية التواقت ، أي ان حادثتين متواقتتين (تحدثان في آن واحد) في احد المراجع لا تكونان على العموم متواقتتين في مرجع آخر • ويعطى الفرق في الزمن بين حدوث الحادثتين كما ترصـدان في المرجع الثاني بالمعادلة التالية :

$$\Delta t = \frac{v\,(x_1 - x_0) / c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

د ــ نسبة الكتلة (زيادتها تبعا للسرعة) :

$$m = \frac{m_0}{\triangle 1 - v^2 / c^2}$$

هـ ــ علاقة الكتلة بالطاقة :

و ــ سرعة الضوء في الفراغ هي الحد الاعلى لسرع جميع الاجسام المادية • وينتج مــن هــذا ان الأجسام التثاقلية (التي لها كتلة سكونية ــ الصفتية) لايمكن ان تبلغ سرعها سرعة الضوء ؛ وان الدقائق التي ليس لها كتلة سكونية (كالفوتونات) هي وحدها التي تستطيع ان تتحرك بسرعة الضوء •

ز ــ جمع السرع ، كما بــين آينشتاين ، يتعلق بالنتيجة السابقة ، فهو لا يحصــل كما كان الحال في الميكانيك الكلاسيكي ، انما يبقى حاصل جمع سرعتين

لجسم من الاجسام دائما اقل من سرعة الضوء في الفراغ. مهما كانت تلكما السرعتان .

وقد تحققت صحة جميع تلك الاستنتاجات بالارصاد والتجارب والصناعة (التحولات النووية في المفاعلات والاسلحة النووية ، سلوك الدقائق في المعجلات الكبيرة ، الميزونات ، ...) .

كانت النظرية النسبية الخاصة نفيا جدليا لميكانيك نيوتن الكلاسيكي ، لأنها اذا حلت محله ، حافظت عليه كحالة خاصة حدية للاجسام التي تتحرك بسرع بطيئة جدا بالمقارنة مع سرعة الضوء ، ووسعت مجال عمل تحويلات لورنتس التي كانت بالاصل تطبق في الالكتروديناميك فقط ، فأصبحت تشمل جميع حقول الفيزياء .

وأذ عمم آينشتاين مبدأ النسبية الغاليلي ، توجه نظره الى امكان تعميم هذا المبدأ تعميماً اوسع بحيث لا

يبقى مقتصرا على المراجع القصورية ، بل يصح على أي مرجع مهما كان نوع حركته . هنا انطلق آينشتاين من حقيقة ان « القصورية » inertia والجاذبية gravity متكافئتان بخصوص فعلهما على الأجسام او بعبارة اخرى : لايمكن التمييز في سستم مغلق بين التأثيرات التي يولدها المجال الجاذبي وتلك التي يولدها تعجيل السستم بواسطة اي عامل آخر ، واقام على هذا الاساس النظرية النسبية العامة . وقد تأيدت هذه النظرية بحقائق فيزياوية تجريبية ، منها : ظاهرة الأزاحة الحمراء (انحراف خطوط الطيف نحو النهاية الحمراء) ، ورصد انحناء شعاع الضوء الآتي من نجمة بواسطة الشمس ، ودوران فلك عطارد ، واخيراً تأخر اشارات الرادار في المجال الجاذبي الشمسي الا ان تلك الأرصاد لاتبلغ درجة من الدقة بحيث تستطيع ان تحسم مابين النظرية النسبية العامة وتوسيعاتها المقترحة .

استطاعت النظرية النسبية العامة ، اعتماداً على الخبر والمعارف الفيزياوية عن المجال الجاذبي في منطقة صغيرة فضائيا ان تصوغ مقولات عن هندسة العالم ككل ، وبهذا اصبحت اساساً للكوسمولوجيا النظرية . اما نتائج النظرية النسبية العامة التي تتجاوز اطار الفيزياء الأرضية ، بخصوص ماضي الكون وبنيته الراهنة ، وتوسع الكون ، فقد امكن فحصها جزئيا (فعل هبل ، اكتشاف اشعاع الخلفية الكوني) ، وكان في ذلك تأييد لهذه النظرية . ومن انجازاتها النظرية ان قانون نيوتن للجاذبية وقوانين نيوتن للحركة يمكن اشتقاقها من هذه النظرية كحالات حدية خاصة .

يقوم الميكانيك الكلاسيكي والنظرية النسبية الخاصة والعامة بالنسبة لبعضها كحقائق نسبية مختلفة الدرجة ينفي بعضها بعضاً جدليا . فالميكانيك الكلاسيكي حقيقة نسبية تعكس جوانب معينة من الواقع الموضوعي بصورة صحيحة ، الا انه ينفى من قبل

النظرية النسبية الخاصة في الأحداث التي تشتمل على سرع كبيرة تقارب سرعة الضوء • والنظرية النسبية الخاصة نفسها حقيقة نسبية تصح في الأماكن التي يمكن فيها اهمال الجاذبية • فأذا اخذت المجالات الجاذبية بعين الأعتبار ، نفيت النظرية النسبية الخاصة بواسطة النظرية النسبية العامة •

الاهمية الفلسفية للنظرية النسبية

لاينحصر الأثر الثوري للنظرية النسبية في الفيزياء فقط ، انما يتعداها الى مجالات الفكر الأخرى •

ففي الفيزياء كان العديد من المفاهيم يعتبر في السابق بديهيا ، فطرياً ، مسلماً به ، فجاءت النظرية النسبية تشكك بصحته ، وتستلزم اعادة النظر فيه ، كما هو الحال مع تقلص المسافات الفضائية ، واستطالة الزمن ، ونسبية التواقت ، وزيادة الكتلة مع السرعة ، وانحناء شعاع الضوء في المجال الجاذبي ، وغير ذلك كثير •

لقيت النظرية النسبية عند نشوئها رفضاً متسرعاً من البعض بدوافع شتى ، بينما تلقفها البعض الآخـر بتفاؤل كاذب ، ظاناً ان فيها دعماً لنظرته الذاتية .

كانت النظرية النسبية طفرة في الفكر العلمي ، ولهذا اثارت عاصفة من المناقشات . وقد اتخذت جميع التيارات الفلسفية المهمة لها موقفاً من النظريـــــة النسبية في العشرينات . ووقف اول الأمر ضد هـذه النظريــة عدد من الفيزياويين والفلاســفة ، واستخدمت الحجج النظرية لأغراض سياسية رجعية ، وللهجوم على آينشتاين كشخصية انسانية . ولم يستطع العديد من الفيزياويين ان يتحـرروا من تصـورات الميكانيــك الكلاسيكي ومفاهيمه ، وتمسكوا بالأثير ، المرجــع المطلق للفضاء والزمان .

فقد اعترض ممثلو التيارات الفلسفية المثاليــة المختلفة (كالوضعية ، والكانتية الجديدة ،والواقعيــة النقدية ، والتوماسية الجديدة) على نظرية آينشتاين ،

اذ رأوا في الأفكار الثورية الجديدة خطراً على نظراتهم المثالية ، الا انهم حاولوا بالتالي الألتقاء معها بتأويلها تأويلا مثاليا يؤيد فلسفتهم • فالتيارات المثالية الذاتية اصبحت تبرز نسبية الفضاء والزمان ، ودور الراصد في عملية المعرفة • اما الأتجاهات المثالية الموضوعية فتبرز الجانب الرياضي من النظرية ، وتعتبره مطلقا ، وتضعه نقيضاً للجانب الفيزياوي الذي يجب ان يثبت تجريبيا •

واما المادية الميكانيكية فقد رفضت النظرية النسبية ناعتة اياها « فيزياء مثالية » ! •

لقد نشاء سوء الفهم لدى البعض جراء عدم دراسة الفحوى الفلسفي للنظرية الفيزياوية كافية • وكان بعض الفلاسفة احيانا يساوون مابين النظريةالفيزياويةوالأفكارا الفلسفية لمبدعها ، رغم ان النظرية الفيزياوية ونتائجها الفلسفية من جهة ، وأفكار علماء الطبيعة حول هذه النتائج من جهة اخرى ، شيئان مختلفان •

قد توجد تصريحات فلسفية لآينشتاين ، لاسيما في كتاباته الأولى ، مما يمكن ان يفسر مثاليا . ولكنه بصورة عامة ، ورغم كل التناقضات والتأرجحات ، قد تطور في مواقفه الفلسفية بصورة واضحة باتجاه المادية .

تبين النظرية النسبية ان البنية الفضازمانية ترتبط بالبنية السببية . وتنتج البنية السببية من وجود سرعة حدية قصوى ، هي سرعة الضوء . ففي النظرية النسبية الخاصة لاينتقل اي فعل انتقالا لحظياً ، ولا بأية سرعة كبيرة اعتباطية . ولهذا فالأحداث التي تنفصل فضائياً بمسافة مساوية او اقل من المسافة التي يقطعها الضوء في زمن معين هي وحدها التي يمكن ان تحوز على تتابع زمني . اما الأحداث التي لايتوفر فيها هذا الشرط فهي غير معينة التتابع الزمني ، ولاتوجد بينها علاقة سببية . وبكلمة اخرى : لايمكن ان يمارس كل شيء على كل شيء تأثيراً بصورة مطلقة ، انما تنحصر

امكانية التأثير داخل «مخروط الضوء» وتتجه من «مخروط الماضي» الى «مخروط المستقبل» • لذلك توجد رابطة اساسية بين البنية الفضازمانية لأجزاء الكون وبنيتها السببية • ولكن النظرية النسبية (الخاصة) لاتعالج من الفضاء والزمان والسببية الا بناها الطوبولوجية فقط • وهي لاتعالج من السببية الا التتابع الزمني ، لافحواها الجوهري في التسبب ، اي حصول الأحداث (الأفعال) خلال احداث اخرى (الأسباب) •

والنظرية النسبية تفند الآراء « الأصطلاحية » عن جوهر الهندسة ، وتبين جذورها المادية • فمسألة مدى صحة الهندسة ، اي مدى انطباقها على الواقع الموضوعي (لامسألة وضع بديهيات واشتقاق نظام متسق من المفاهيم منها خال من التناقض) قد سلمت للفيزياء اذا جاز التعبير • فالنظرية النسبية العامة جعلت هندسة الفضاء تتحدد بالواقع الفيزياوي •

الفضاء والزمان في الفيزياء

الفضاءالفيزياوي متصل،ثلاثي الأبعاد•فهومتصل، اذ يوجد لكل نقطة فيه عدد غير محدود مـــن النقاط المجاورة التي يمكن ان تقترب منها ماشاء المرء • وهو ثلاثي الأبعاد لأن موقع ايـــة نقطة فيه يتحدد بثلاث احداثيـــــات •

يحدث احياناً خلط بين الفضاء الفيزياوي ومختلف الفضاءات الرياضية التي تجد لها استعمالا في الفيزياء الحديثة • فهناك مثلا فضاء الطور phase space (في الفيزياء الأحصائية والثرموديناميك) وفضـــــاء هلبرت (الميكانيك الكوانتي) والفضاء الأيسوتوبـــي (الفيزياء النووية) ••• وتلعب هذه الفضـــــاءات الرياضية التجريدية دوراً هاماً في الفيزياء الحديثة •

الفضاء في النظرية النسبية الخاصة ، على خلاف الميكانيك الكلاسيكي ، ليس مطلقا ، اي انـــه ليـــس مستقلا عن المرجع وعن حركة الأجسام المادية • وهكذا

يصح القول ان النظرية النسبية الخاصة قد ازالت الفضاء المطلق ، تماماً كما يقال انها الغت « الأثير » من معجم الفيزياء •

وليس هناك زمان مطلق ، فالزمان ايضاً ليس مستقلا عن المرجع • فعند الأنتقال من مرجع قصوري الى مرجع قصوري آخر ، لايتغير الفضاء وحده ، انما الزمان ايضاً •

ويندغم الفضاء والزمان في النظرية النسبية الخاصة ليكونا « المتصل الفضازماني » رباعي الأبعاد، والفضاء والزمان في هذا المتصل المندغم غير قابلين للفصل موضوعيا • وتعطي تحويلات لورنتس فكرة عن ارتباط الفضاء والزمان ببعضهما • فعند النظر الى المعادلة الخاصة بتحويل الزمن :

$$t^1 = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

نجد ان الزمن يعتمد على السرعة النسبية للمرجعين وعلى المسافة بينهما • كما يتجلى ارتباط الزمـــان بالفضاء في مسألة « التواقت » • فالفارق الزمنــي المرصود في المرجع الثاني بين حادثتين « متواقتتين » في المرجع الأول يعتمد على السرعة النسبية للمرجعين وعلى مكان الحادثتين •

لقد سمى منكوفسكي المتصل الفضامزاني رباعي الأبعاد الذي تجري فيه الأحداث الفيزياوية « عالما » •

وكل حادثة في هذا العالم تحدد بأربع احداثيات: ثلاث منهـا فضائية ، وواحدة زمانية • وقـد ادرك منكوفسكي ان « عالمه » رباعي الأبعاد شبيه في خواصه « الشكلية » بالفضاء الهندسي الأقليدي ثلاثي الأبعاد• ويكمن هذا الشبه بين العبارتين الرياضيتين الواردتين في كل من هندسة اقليدس وهندسـة عالـم منكوفسكي بخصوص « المسافة » • فالمسافة في هندسة اقليدس لا متغايرة invaviant « ثانية » بالنسبة لانتقال ودورات محاور الاحداثيات : $s^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2$

و « المسافة » في عالم منكوفسكي (النظرية النسبية الخاصة) لا متغايرة تجاه تحويلات لورنتس :

$s^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2$ والمقدار الأخير في هذه المعادلة يقصد به : $x_4^2 = - c^2t^2$

$$x_4 = ict \; ; \; i = \sqrt{-1}$$

فالكمية الخالية ict تمثل الأحداثي الزمني للحادثة في عالم منكوفسكي . هنا يكتسب احداثي الزمن نفس اهمية أي من الأحداثيات الفضائية . اما كون احداثي الزمن هذا في المتصل الرباعي خياليا فيعبر عن حقيقة ان له خواصا تختلف نوعيا عن خواص الاحداثيات الفضائية الثلاثة . والمتصل الفضا زماني رباعي الابعاد في النظرية النسبية الخاصة ليست له مقاييس اقليدية ، ولهذا ينعت بكونه « اقليديا زائفا » pseudo - euclidian . ولهذا السبب لايمكن النظر الى عالم منكوفسكي كفضاء رباعي اقليدي

(بأحداثيه الخيالي للزمن) الا مـن الناحية التشكلية فقـط •

عالم منكوفسكي متسق homogeneous

وايسوتروب isotropic • فكل نقطة فيه تشابه الاخرى ، وكل اتجاه فيه يكافيء الأتجاه الاخر •
والأتساق والأيسوتروبية ــ وهي خواص تناظرية يتمتع بها الفضازمان في النظرية النسبية الخاصة ــ ترتبط ارتباطا وثيقا بقوانين الحفظ في الفيزياء • فمن تناظر الفضازمان الفيزياوي تستنتج قوانين الحفظ تلك • وكل قانون من قوانين الحفظ يستلزم دائما نوعا من التناظر •
فحفظ الزخم يعني اتساق الفضاء ، وحفظ الطاقة يعني اتساق الزمان • ويندغم هذان القانونان لحفظ الطاقة والزخم في قانون واحد هو قانون حفظ فكتور الطاقة ــ الزخم رباعي الابعاد • ومن هنا اتى اتساق الفضازمان (عالم منكوفسكي) في النظرية النسبية الخاصة •

اما في النظرية النسبية العامة فصفات الفضاء ليست مستقلة بذاتها ، انما هي مشروطة بالمادة . فالمادة تحـــدد البنية الهندسية للمتصل الفضازماني ، كما تحدد تلك البنية الهندسية للفضازمان حركة الاجسام والمجالات .

هذه الحقيقة تبين الفرق بين النظرية النسبية العامـــة والخاصة ، حيث تكـــون بنية الفضازمان في النظرية النسبية الخاصة مستقلة تماما عن المحتوى المادي . ولهذا السبب لا يمكن تحديد وتعريف زمان كوني في النظرية النسبية العامة بصورة مطلقة غير مشروطة . وهـــذا فرق مهم آخر بين النظريتين . « ففي كل مجال جاذبي قد تبطيء الساعة او تسرع تبعا للنقطة التي تستقر فيها . لذلك فأن تعريفا معقولا للزمن بمساعدة ساعات مستقرة بالنسبة للمرجع غير ممكن .وتنشأ صعوبة مماثلة حينما نحاول هنا تطبيق تعريفنا القديم عن التواقت »[٣٠] .

يمكن تلخيص الوضع في النظرية النسبية العامة كما يلـــي :

الفضاء والزمان يمارسان تأثيرا علـى الاجسام ، ويعانيان تأثيرا منها • ويندغم الفضاء والزمان في متصل فضازماني رباعي الابعاد ، لايمكـن ان ينعت بكونه متسقا الا في المناطق الصغيرة جدا ، اما في المدى الواسع فهو بسبب انحنائه غير متسق • ويحدد انحناء المتصل الفضازماني بواسطة المادة •

من المفيد في هذا الموضع ان نقارن بين خواص الفضاء في النظريات المختلفة ملخصة بكلمات آينشتاين: « حسب الميكانيك الكلاسيكي وحسب النظرية النسبية الخاصة يحوز الفضـاء (الفضا زمان) وجـودا ذاتيا مستقلا عن المادة والمجال • ومن اجل ان نستطيع وصف ماليء الفضاء ••• ينبغي ان نفترض مقدما ان الفضازمان أو المرجع القصوري موجود اصلا بصفاته الهندسية••• اما حسب النظرية النسبية العامة فليس للفضاء وجود خاص مقابل ماليء الفضاء ••• فأذا افترض زوال المجال

الجاذبي فلا يبقى فضاء كفضاء منكوفسكي ، بل لا شيء ابدا ... ان فضاء خاليآ ، أي فضاء دون مجال ، ليس له وجود »[٣١] .

لقد قاد التكافؤ بين القصورية والجاذبية (في النظرية النسبية العامة) الى اعتبار الفضاء (الفضازمان) فضاءً ريمانيا محدبا رباعي الابعاد ، بدل فضاء منكوفسكي المستوي ، والى ان بنية فضاء ريمان تتعين بالمجال الجاذبي ، وبالتالي بواسطة المادة التي تولد المجال الجاذبي . وفي الفضاء المحدب لا توجد مراجع صلدة تمتد في كل الفضاء ، لأن بنية الفضاء تتغير دائمايسبب الأحداث الفيزياوية ، ولا يوجد الا مراجع غير صلدة (رخوة) وساعات تسير بالشكل الذي يقتضيه الحال . ولا تقتصر الاجسام المرجعية على ان تتحرك حسب مقتضى الحال ، انما تعاني ايضا على العموم اثناء حركتها تغيرات في شكلها . والمرجع « الرخو » مكافيء في الجوهر لنظام احداثيات رباعي الأبعاد .

الفضاء والزمان في الفلسفة

يعكس مفهوم الفضاء « تجاور » الظواهر المادية ، أي موقعها بالنسبة لبعضها ، ومسافاتها عن بعضها وامتداداتها . اما مفهوم الزمان فيتضمن « تعاقب » الظواهر المادية ، أي تتالي الاحداث المادية ، والفاصلة بين الاطوار المختلفة من العملية ، والمدة التي تستغرقها .

وويرتبط الفضاء أو زمان دائما بالمادة . ولهذا لا وجود لفضاء أو زمان مطلق مستقل عن المادة . والمادة لايمكن ان توجد ولا ان تتحرك الا في الفضاء والزمان .

احتوت « اصول هندسة اقليدس » اول تنظيم وتعميم لكافة المعلومات الهندسية في العالم القديم . والفضاء الذي يوصف بتلك الهندسة التي تطابق الخبر اليومية يسمى فضاء اقليديا .

كان الفضاء والزمان لدى ديمقريط موجودين وجودا واقعيا موضوعيا . فالفضاء هو الفراغ الذي

تتحرك فيه الذرات ، وهو شرط ضروري لحركتها .
ومما يؤثر عنه قوله : « لا يوجد في الكون غير الذرات والفراغ » . اما الزمان فيوجد بالارتباط مع الحركة .
وذهب ديمقريط الـــى ان الفضاء لانهائـــي ، والزمان ابدي .

وذهب ارسطو الى ان الفضاء يوجد موضوعيا ، ولكنه ليس وعـــاء توجد فيه الاجسام الماديـــة ، انما ترتيبها . وبما ان هذا الترتيب يتغير ويتطور ، فالفضاء متغير ايضا . وكما كان الفضاء يتحدد بترتيب الأجسام المادية ، كذلك الزمان عنده يتحدد بترتيب الحوادث ، تتابعها (« قبل » و « بعد ») . بهذا اتى بفكـــــرة جدلية عبقرية ، ولو تأملية ، عن وحدة الحركة والفضاء والزمان والمادة . واعتقد ارسطو ان الفضاء الكوني محدود ، والزمان يجري بانتظام واستمرار . وانكر وجود الفضاء الفارغ « فالطبيعة تكره الفراغ » حسب رأيه ، والمادة قابلة للتجزئة بلا نهاية .

اما فلسفة افلاطون المثالية فلا تعترف بالفضاء والزمان كخاصيتين جوهريتين للمادة ، لأن عالم الأفكار الذي يمثل جوهر العالم المادي عنده يوجد بلا فضاء ولا زمان .

وكان الفضاء في فكر العصر الوسيط متناهيا محدودا .

اما في العصر الحديث فأصبح الفضاء لانهائيا . واعتبر الفضاء والزمان في الميكانيك الكلاسيكي موجودين وجودا واقعيا موضوعيا ، ووضعا مقابل المادة التي فهمت كصفت . فقد كان الفضاء والزمان لدى غاليليو ونيوتن مطلقين ، أي أنهما فارغان لايرتبطان بالمادة . ويعبر واقعهما الموضوعيعن نفسه بأنهما يمارسان تأثيرا على المادة ، دون ان يعانيا منها أي تأثير . والفضاء في الفيزياء الكلاسيكية حامل « الفعل عن بعد » . وقد صور الفضاء وكأنه وعاء فارغ متسق

لانهائي ، تجري فيه احـداث الطبيعة ؛ وهو ثلاثي الابعاد ، وله صفات هندسبة اقليدية • اما الزمان فمتسق ويجري باتجاه واحـد •

لم يقتنع بعض العلماء والفلاسفة بفكرة ان الفعل المادي ينتقل خلال الفضاء الفارغ • فنجد لدى برونو وديكارت وهيجنس وتولاند افكارا قريبة مـن نظرة ارسطو ، ترفض الفضاء المطلق ، وتعتبر الفضاء والزمان مرتبطين بالمادة • وقد طور ديكارت في فيزيائه مفهوما جديدا للفضاء ؛ اذ ساوى بين المادة والفضاء ، وجعل الامتداد صفة اساسية له ، واختزله الـى دقائق مادية صغرى • ــ وربما كان تصوره هذا سابقا ومطابقا الى حد لفكرة « الأثير » في القرن التاسـع عشر • وكان الامتداد عنده ، كخاصية لجميع الاجسام والفضاء ، موضوعيا • اما الزمان فقد اعتبره نمطا للتفكير ، صفته الرئيسية الاستمرار • وكان لايبنتس يعتبر الفضـاء والزمـات علاقات للمادة ، علاقـات ترتيب للاجسام

الموجودة (الفضاء) او علاقات تتابع للاحداث المادية (الزمان) • غير انه كان يفسر الفضاء والزمان مع المادة تفسيرا مثاليا ؛ فهما عنده احساسات ذاتية ، رغم انهما يطابقان ترتيبا موضوعيا للأشياء في العالم •

اما بركلي فقد اعتبر الفضاء والزمان شكلين للأحساس الذاتي • وقد وجد هذا الفهم المثالي الذاتي للفضاء والزمان تعبيرا متطورا له عند كانت • اذ ذهب الى انهما « تصورات قبلية ، تصاحبنا كأشكال عقلية قبل ان يبعث بهذا التصور شيء حقيقي خلال الاحساس »[٣٢] ، أي انهما موجودان في وعي الانسان منذ الولادة ـ بالفطرة • وكان الفضاء عنده لانهائيا ، متصلا ، متسقا ، متشابه الاتجاهات (ايسوتروب) ، اقليديا ، ثلاثي الأبعاد ؛ وكان الزمان ايضا لانهائيا ، متصلا ، متسقا ، الا انه ذو بعد واحد •

وفي فلسفة هيجل المثالية ـ الموضوعية يظهر الفضاء والزمان كصفة لـ « روح العالم » ، ولا يمثلان

شكلا لوجود الواقع الموضوعي ، أي للمادة المتحركة . مع ذلك نجد لدى هيجل افكارا اساسية عن جدلية الفضاء والزمان . فقد كشف الرابطة الوثيقة بين الفضاء والزمان والحركة ، واعتبر الحركة جوهر الفضاء والزمان .

وذهب ماخ الى ان الفضاء والزمان مجموعة من الأحساسات ؛ وناقش المفهوم النيوتني عن الفضاء والزمان ، خاصة في كتابه « الميكانيك في تطوره » (١٨٨٣) ، وذهب الى ان الفضاء والزمان المطلقين شيئان ذهنيان مادامت الخبر الحسية عاجزة عن الكشف عنهما .

وذهب هلمهولتس الى ان بديهيات الهندسة ليست ضرورية عقليا ، انما لها مصدر تجريبي . وكان يرى في ذلك تفنيدا لقبلية كانت .

اما الموضوعة الفلسفية المادية الحديثة عن الفضاء والزمان فهي أن «الفضاء والزمان شكلان لوجودالمادة»

• وتنطوي هذه الموضوعة ، على الضد من جميع الاتجاهات المثالية ، على الاقرار بأن الفضاء والزمان ماديان ، أي انهما يتجليان دائما بالارتباط مع الواقع الموضوعي الموجود خارج وعينا ومستقلا عنه • فقد ذهب فويرباخ الى ان « الفضاء والزمان شكلان لوجود كل الاشياء ، وان الوجود في الفضاء هو وحده الوجود »[٣٣] • وبهذا الاتجاه سار الفلاسفة الماديون • « ان شكلي وجود المادة هما بدون المادة لاشيء ،تصورات فارغة ، تجريدات لا توجد الا في رؤوسنا » [٣٤] • وبما ان المادية تعترف بوجود واقع موضوعي ، أي مادة متحركة مستقلة عن وعينا ، فلا بد من الاعتراف بالواقع الموضوعي للفضاء والزمان •

تبلورت المقلولة المادية عن الفضاء والزمان في القرن التاسع عشر كجواب على مسألة اصل تصوراتنا عنهما • فهما في الفلسفة المادية موجودان موضوعيا ، وان تصوراتنا عنهما انعكاس عن واقعهما الموضوعي ، وهما

ليسا مجرد احاسيس ذاتية ، وليسا من خلق الفكر .

وقد كان العديد من الفلاسفة الماديين الى وقت قريب يفسرون كلمه « شكل » الواردة في عبارة « شكل وجود المادة » باتجاه العلاقة بين الشكل والمحتوى . غير ان هذا التفسير يؤدي ، بسبب اولوية المحتوى ، الى صعوبات جمة زادتها النظرية النسبية حدة .

يبين تاريخ تطور فهم الانسان للفضاء والزمان ان تغير تصوراتنا عنهما لايفند واقعهما الموضوعي ، تما بنفس الطريقة التي لا يفند فيها تغير معارفنا عن بنية المادة وحركتها الواقع الموضوعي للعالم الخارجي . فالفضاء والزمان يوجدان وجودا واقعيا موضوعيا ، مستقلين عن وعي الانسان . اما المقولة المثالية في ان هذين المفهومين ذاتيان فليست صحيحة ، اذ يترتب على هذه المقولة ان قبل ظهور الانسان على الارض لم يوجد العالم في فضاء ولا زمان ، وهذه نتيجة واضحة الخطأ . ولجميع

الظواهر والعمليات المادية بنية فضازمانية ، كما لا توجد بنى فضازمانية خارج العمليات المادية .

النسبي والمطلق والنظرية النسبية

المطلق هو كل ما في وجـوده ، أو في حقيقته ، مستقل تماما ، لا يشترط بشيء آخر ، ولهذا فله وجود غير محدود ، أو صحة غير محدودة . اما النسبي فهو ما يعتمد في وجوده ، أو في حقيقته ، على شيء آخر ، أو يشترط به ، أو يرتبط في علاقته ، او تتعلق بـــه صحتـــــه .

تنظر الفلسفة العلمية للمطلق والنسبي بوحدتهما الجدليـــة ، وتعترف بالمادة المتحركة باعتبارها المطلـــق الوحيد . فالمادة غير مشروطة في وجودها بشيء ؛ واحدى الخواص المطلقة للمادة هي الحركـــة . اما « المطلق بصورة مطلقة » فلا يعدو عن كونه تركيبا ذهنيا لا يوجد له مقابل في الواقع الموضوعي . وليست هناك اشياء أو صفات في العالم المادي توجد خارج ارتباطاتها العامة ،

أو لا تتصل بشيء ، أي مستقلة استقلالا مطلقا . فحيثما وجد المطلق في الواقع وجد كمطلق نسبي ، كمطلق من وجهة نظر معينة ، أو في علاقة معينة .

ويؤدي فصل النسبي عن المطلق الى الخطأ . فـ « النصية » تتمسك بمقولات كانت صحيحة في ظرف من الظروف ، وتعتبرها صحيحة صحة مطلقة في جميع الظروف ، وبهذا تنكر الصفة النسبية للحقيقة ، وتعرقل التفكير والعمل المبدعين . اما « النسبوية » فعلى عكس ذلك ، تعتبر كل شيء نسبيا ، وتنفي اية حقيقة موضوعية مستقلة عن الذات .

اما النظرة العلمية فتعترف بنسبية جميع معارفنا ، ولكن لا بمعنى نفي الحقيقة الموضوعية انما بمعنى المشروطية التاريخية للحدود التي تتقرب بها معرفتنا النسبية من الحقيقة الموضوعية .

ليس للنظرية النسبية علاقة بالنسبوية ، رغم ان

البعض يخلط بين هذه وتلك .ولا تعكس تسميتها بـ « النظرية النسبية » الا جانبا من فحواها : نسبية الفضاء والزمان والكتلة ... اما الجانب الآخر الذي يعبر عن العلاقة بين المقادير الفيزياوية (كبقاء قوانين الفيزياء هي هي في جميع المراجع ، وثبات سرعة الضوء ، ...) فهي مستقلة عن أي رصد واية حركة .

يكون الفضاء والزمان وحدة من المطلق والنسبي . فهما يوجـدان وجودا مطلقا بمعنى انهما موجـودان وجودا واقعيا موضوعيا مرتبطا بوجود المادة . وهمـا نسبيان لأن خصائصهما الملموسة تعتمد على حالة المادة (سرع الاجسام ، توزيع المادة) في المنطقة المعنية من الكون . وسوء الفهم في علاقـة النسبي بالمطلق في خواص الفضازمان في النظرية النسبية غير مستبعد . مثال ذلك ما ذهب اليه احد الفيزياويين الـذي انتقد منطلقات النظرية النسبية حيث قال : « ان الجوهري لا يكمن في النسـبية ، وانما في المطلـق ، في خواص

الفضازمان مستقلا عن نظام الاحداثيات »[٣٥] . ولكن يحق لنا هنا ان نتساءل ماهو المطلق الذي يراد ان يكون اسسا للنظرية النسبية ؟ وماذا يفهم من البنية المطلقة للفضازمان ؟ وما هي خواص الفضازمان المطلقة بالأستقلال عن الأحداثيات ؟ ان الافكار الواردة في الأنتقاد المذكور تعادل نكران الفحوى الفيزياوي والفلسفي للنظرية النسبية ، لأن التسليم بوجود فضازمان مطلق بالمعنى الوارد في الأنتقاد يعني اهمال العلاقة بين الفضاء والزمان والمادة والحركة ، واعتبار الفضازمان المطلق وكأنه قائم بذاته .

النظرية النسبية والكوسمولوجيا

الكوسمولوجيا cosmology علم يدرس بنية اشكال المادة الكونية وطوبولوجيتها وحركتها وتطورها وتشكيلاتها وتغيراتها ونشوءها واضمحلالها .

ارتبطت الكوسمولوجيا منذ اقدم الأزمان ارتباطاً وثيقاً بالفلسفة والنظرة للعالم • وهي كعلم يتخذ كل الكون بجميع اشكال حركة المادة فيه وبنيتها موضوعاً له ، لايمكن ان تقتصر على مجرد الرصد والقياس والحساب ، انما تعتمد ايضاً على افكار فلسفية عامة • لهذا السبب كانت الكوسمولوجيا منذ اقدم العصور حتى الآن في بؤرة الصراع بين التيارات الفلسفية المتعارضة • وكان هذا الصراع يرتبط بصورة مباشرة او غير مباشرة بالصراعات في المجتمع •

تفترض الكوسمولوجيا العمومية الكونية لقوانين الطبيعة المعروفة • وتطبقها على ابعاد فضائية وزمانية كبيرة جدا • فأن لم يفترض هذا المبدأ اصبح من غير الممكن صياغة اية مقولة عن الكون ككل • الا ان السؤال يبقى مع ذلك قائما ، وهو : الى اي مدى نستطيع تمديد القوانين الفيزياوية

المعروفة على ابعاد فضازمانية واسعة في الكـــــون لاتطالها مراصدنا ووسائلنا الفلكية الأخرى ؟ •

اعتماداً على قوانين الحركة وقانون الجاذبيـــة الكونية ، استنتج نيوتن ان الكون متسق ، اي لايوجد جزء من فضائه متميز عن الجزء الآخر ، ولا نقطة عن نقطة اخرى ، وليس فيه راصد متميز ، وليس له مركز، وهو ايسوتروب ، اي انه يتصف بنفس الخـــواص في جميع الأتجاهات • وينتج من ذلك ان قوانـــين الطبيعة المعروفة تتمتع بصحة عمومية كونية فضائيـاً وزمانياً • وتوصل نيوتن من كل ذلك الى ان للكون طابعا مستقراً (ستاتيكيا) ، اي انه لايتغير بمــــرور الزمن ولايتطور ، وان الفضاء مستقل في خواصه عن المادة وحركتها ، وهو يحتويها كما يحتوي الوعـاء الأشياء الموجودة فيه ، دون ان يتأثر شكله بها ، اي ان للفضاء خواصــه الهندسيــة ، وليس لــه خواص

فيزياوية ، وله امتداد لانهائي ، وليس له حـــدود •

النظرية النسبية العامة هي الأساس النظـــري للموديلات الكونيـــة الحديثـــة • ومـــن المعروف ان « موديلات الكون » صور مقربة لواقع الكـــون الموضوعي ، اي انها لاتتضمن بالضرورة صـــورة طبق الأصل عن الواقع • ومن هنا تأتي ضرورة المقارنة بين الموديل والواقع دائماً •

وقد بينت النظرية النسبية العامة ــ كما مر بنا ــ ان المادة وبنية الفضازمان تؤثر احداهما بالأخـــرى ، وتشترط احداهما الأخرى ، بحيث ان هندسة الفضاء تعتمد على توزيع المادة • وعلى ذلك فأن موديـــلات الكون الفيزياوية ــ الرياضية ، باعتبارها تصـــورات عن بنيته الهندسية ، تعتمد على الفرضيات المتخـــذة بخصوص توزيع المادة (كثافتها) • وهذه الموديلات لايمكن بناؤها بالأعتماد على النظرية النسبية وحدها ،

انما يجب اضافة فرضيات اخرى للوصول الى هذه الغايـــة .

في عام ١٩١٧ افترض آينشتاين ان الكـــون متسق (ذو كثافـة واحـدة في جميـع انحائـــه) وايسوتروب (يتمتـع بنفس الخواصـ في جميـع الأتجاهات) ، وان الكثافة تبقى ثابتـة في المعـدل ، فتوصل الى ان للفضاء حجما متناهيا ، الا انه مـع ذلك غير محدود (كسطح الكرة الذي ينطوي علـى حجم معين ، الا انه غير محدود بحافة ، ولاتتميز ايـة نقطة من نقاطه بصفة هندسية خاصة) . ولكن هـذا الموديل المستقر الذي لايتغير مع الزمن لاقى اعتراضات من بعض الفيزياويين والفلكيين النظريين ، اذ ذهـب هؤلاء الى ان النظرية النسبية لاتجيز كونا مستقراً ، وانها لاتتوافق الا مع كون يتطور مع الزمن . وترقى هـذه الأفكار الـى الرياضي السوفيتي فريدمـان (١٩٢٢) اذ ذهب الى ان الكون قد يتسع او يتقلص

مع الزمن ، وهذا يؤدي الـى تغير المسافات بـين النقاط المادية ، وان سرع تلك النقاط تتناسب طرديا مع تلك المسافات (توسع الكون) • وقد حسب فايل Weyl (١٩٢٣) مقـدار « الأزاحـة الحمراء » (انحراف خطوط طيف النجوم البعيدة نحو الطـرف الأحمر جراء شرودها عنا « فعل دوبلر ») ، واكتشفها هبل Hubble عام ١٩٢٩ •

الكون واللانهائية

النظرية النسبية بذاتها لاتنبيء بشيء عن نهائية الكون او لانهائيته • وتعتمد الأجابـة على هـذه المسألة على الفرضيات الأضافية التي تتخذ بهـذا الشأن • فأذا افترض للفضاء تحدب موجب ، فهـو نهائي وغير محـدود ، اما اذا كـان تحدبه صفـرا او سالباً فأنه لانهائي وغير محدود •

تبين مما سبق ان كــونا متناهيا مغلقا لايعنـــي بالضرورة كونا محدودا ، ونهائية الكون هنا او لانهائيته لاتعني سوى هندسة معينة للفضاء •

بالرغم من ان نهائية الفضاء الكوني او لانهائيته من اختصاص علوم الطبيعة ، الا ان لها اهميـــــة فلسفية نظرا لارتباطها بالمفهوم الفلسفي عن لانهائيـة المادة ، وعلى وجه التحديد بمسألة ما اذا كانت نهائية الفضاء المحتملة تتناقض مع اللا نهائية الفلسفية • هنا يجب التفريق بين التصورات الكوسمولوجية عن بنية الكون ، والقضايا الفلسفية ـــ النظر معرفية •

كانت موضوعة لانهائية العالم المادي ، وخاصة لانهائية الفضاء والزمان ، في الماضي جــزءا مهمــا من كافة الفلسفات المادية • وقد ارتبطت هذه القضية الفكرية في تاريخ الفلسفة بالقضية الكوسمولوجية ، وطورت فكرة اللانهائية الفلسفية اول الأمر بالأعتماد

على فكرة لانهائية الفضاء بالمعنى الفيزياوي •

لقـــد طـــورت في الزمـــن الأخـــير موديـــلات كوسمولوجية عامة (گول K. Gödel ، سلمانوف Selmanov) وحسب رأي سلمانوف لايصـــح السؤال عن نهائية الفضاء او لانهائيته الا في موديـــل كوسمولوجي بسيط يتوفر فيه اتساق الفضـــــــــاء وايسوتروبيته • اما عند معالجة موديل اكثر تعقيـــدا (اللااتساق واللا ايسوتروبية) فيفقد هذا الســـؤال معناه ، فلانهائية الفضاء في احد المراجع لاتتنافى مـــع نهائيته في مرجع آخر •

ينطوي مفهوم لانهائية المادة الفلسفي على ثلاثة معالم :

١ ـــ عدم استنفاد المادة : الوحدة المادية للتعدد اللانهائي لأشكال المادة وعلاقاتها وروابطهـــــا واجسامها وعملياتها والرابطة المادية في العالـــــم

لاتخرق في اي ظرف من الظروف .

٢ ـ التحول الأبدي في الشكل : فحركة المادة تؤدي الى تغير وتطور الأجسام المادية تغـيراً وتطوراً مستمرين ، اجسام جديدة تنشأ ، وقديمة تزول ، واخرى تتحول الى بعضها ، وتتطـور نوعيات اعلى ، اي ان اشكال الأجسام المتناهية في تحول ابدي . واللانهائية بارتباطها بالتطـور تعني التعقد والتعدد اللذين لاينتهيان . ويؤدي وجود عدد لايحصى من الأجسام والعمليـات بسبب تحـول اشكالهـا ، الـى وجـود بنى فضازمانية لانهاية لعددها ضمناً .

٣ ـ التقرب اللانهائي من الحقيقة المطلقـة : فكل مقولاتنا عـن بنية المادة وروابطها هـي حقائق نسبية . بهذا المعنى يصبح كل اكتشاف جديـد تأكيدا لموضوعة التعقـد اللانهائي للـمادة التي لايمكن معرفتها معرفة مطلقة لسببين : الأول

هو ان الواقع الموضوعي نفسه يتبدل ويتطـور
دائما ، والثاني ان المعرفة نفسها عملية معقدة في
الأنتقال من البسيط الى المعقد ، ومن المظهر الى
الجوهـــر فموضوعة لانهائية المادة بهـــذا
الشكل موضوعة نظر معرفية ، اذ هـي ليست
مقولة عن الكيفية التي توجد بها المـادة ، فذلك
مما تدرسه العلوم الأختصاصية ، انما مقولـــة
تعبر عن ان معرفتنا عن الكيفية التي توجد بهـا
المادة نسبية دائما ، وليست مطلقة ، ولكنهـــا
تتقرب من الحقيقة المطلقة بعملية لانهائية .

ان موديلات الكون المغلق (المتناهي) فضائيـا
لاتتعارض مع المفهوم الفلسفي عن لانهائية المادة ، لأن
هذين يعالجان مستويات محتلفة من المعرفة .فالموديلات
تنطوي على معارف عن بنى فضازمانية واقعية موضوعية
هي جزء من بنى فضازمانية لانهاية لعددها ضمنـا .
والقول بلا نهائية المادة وابدية الزمان لايعني القـول

بعمر لانهائي لأجسام مادية معينة ، ودوام لا نهائـــي لعمليات معينة ، اذ ان لانهائية الزمان لاتعني ســوى الدوام الأبدي للتغيرات . كما لاتعني لانهائية الفضاء المضي البسيط في الفضاء ، اي اللا محدودية الفضائية انما وجود علاقات فضازمانية لانهاية لعددها .

والرياضيات كعلم للعلاقات الشكلية الممكنة بين الأشياء الفكرية ، تعالج انواعاً مختلفة من اللانهائية .

بمعنى اللامحدودية . وبما انها تعالج امكانيـــات فكرية ، تنشأ بعض المتاكل عند استخدام المعــارف الرياضية لوصف الحقائق الواقعية الموضوعية .

لقد شن اتباع المادية الميتافيزيقية هجماتهم ضد الموديلات الكوسمولوجية المغلقة (المتناهية) اذ رأوا في هذه الموديلات تفنيدا للماديــة ، واعتبروا المقولة الفلســفية عن لا نهائيــة المادة مســاوية للمقولــة الكوسمولوجية عن اللا نهائية الفضائية للكون .

لا يمكن استنتاج اية مقولة عن بنية معينة للكون من مفهوم اللا نهائية الفلسفي ، لأن هندسة الكـــون مسألة كوسمولوجية طبيعية ، اما لا نهائية المادة فمسألة فلسفية . ولا يجوز للفلســـفة ان تحكم بصحة هـــذا الكوني وخطأ ذاك . كما ان البحث الفلسفي لا يمكن ان يعوض عن الرصد والقيام بالتجارب والتحليلات النظرية الفلكية ــ الكوسمولوجية . واية فكرة فلسفية تهمل نتائج البحث العلمي الاختصاصي (في الفيزياء ، الفلك ، الكيمياء ، ...) وتتمسك بمقولات قديمة تعارض تلك النتائج ، مصيرها الفشل .

فأن كان للكون فضاء متناه ومغلق بسبب تحدبه الموجب ، فأن صفته المادية لا تخرق بذلك في أي مكان أو زمان ، اذ لا يوجد شيء خارجهما . بهذا المعنى لا تتناقض موديلات الكون الكوسمولوجية المتناهية مع الموضوعية عن لانهائية المادة .

النظرية الكوانتية

ثنائية الدقيقة ــ الموجة

تبدي جسيمات العالم الأصغر (الدقائق الاولية والذرات وامثالهـا) خواصا متناقضة ، دقائقية وموجية ؛ ويعبر عن هذه الحقيقة بـ « **ثنائية الدقيقة ــ الموجة** » ؛ وتعني ان اية من الصورة الدقائقية وحدها أو الصورة الموجية وحدها لا تكفي لوصف جميع الخواص الفيزياوية لتلك الجسيمات .

جوبهت هذه المشكلة لأول مرة في تاريخ العلم في نظرية الضوء . ففي القرن السابع عشر نشأ خلاف بين اتباع نيوتن (الذي طور النظرية الدقائقية للضوء) واتباع هيجنس (الذي طور النظرية الموجية) . وكانت النظريتان متعادلتين في تفسير الظواهر الضوئية المعروفة

آنذاك . وفي القرن الثامن عشر بدا وكأن الخلاف قد حسم لصالح نيوتن . ولكن اكتشاف ظواهر متعددة لتداخل الضوء (يونغ ، فرسنل) في بداية القرن التاسع عشر ، واستقطاب الضوء بعد ذلك ، ايد النظرية الموجية . وفي نهاية القرن التاسع عشر اكتسبت الصورة الموجية دعما آخر بنظرية الضوء الكهربامغناطيسية التي اتى بها ماكسويل ، وتحققت بتجارب هاينرش هرتس . غير ان الصورة الدقائقية استعادت اهميتها باكتشاف الفعل الكهرباضوئي (هـ.هرتس ، لينارد ، هالفاكس) الذي فسره آينشتاين اعتمادا على فكرة بلانك الكوانتية . وفي الزمن التالي احرزت الصورة الموجية دعما آخر (حيود لاوه للاشعة السينية ــ ١٩١٢) ، كما دعمت الصورة الدقائقية بفعل كومبتون (١٩٢٣) (تشتت الاشعة السينية بواسطة الألكترونات) الذي لا يمكن تفسيره الا بمفهوم الدقيقة .

تظهر ثنائية الدقيقة ـ الموجة في خواص المادة الصفتية ايضا (وهـي التي تتميز بحيازتها على كتلة سكونية) • فالمادة الصفتية ينظر اليها عادة وكأنها تتألف من دقائق • وكانت الصورة الدقائقية تعتبر بالنسبة للجسيمات الصغرى وكأنها الصورة الصحيحة الوحيدة (النظرية الجزيئية الحركية للغاز ، تركيب البلورات الهندسي ، المسارات المرئية للدقائق الصغرى في الحجرة الغيميـة ، تجربة ميليكان لقياس شـحنة الألكترون ، فعل كومبتون) • ولكن تداخل الاشعة الألكترونية (تجربة دافيسـون وجرمر ـ ١٩٢٧) وحيود الأشعة الجزيئية (شترن ـ ١٩٢٩) وظواهر التداخل الاخرى في الاشعة الالكترونية (بورش ـ ١٩٤٠ ، ١٩٦١ ـ ١٩٦٨) لا يمكن تفسـيرها الا بالصورة الموجية •

كانت ثنائية الضوء ، أي معرفة ان الضوء يحوز على خواص موجية ودقائقية معا ، قـد دفعت دي

بروغلي de Broglie عام ١٩٢٤ لأن يطرح سؤالا مناظرا ، وهو : ألا يمكن ان تحوز الجسيمات الصغرى الصفتية خواصا موجية اضافة لخواصها الدقائقية ؟ وذهب الى ان كل دقيقة صفتية يمكن تمثيلها بموجة يتقرر طولها بزخم تلك الدقيقة . وقد تأيدت هذه الفرضية بعد ثلاث سنوات بتجربة دافيسون — جرمر مارة الذكر . هنا استخدم دي بروغلي صورة موجية كلاسيكية للمادة الصفتية ، واتى بمفهوم « امواج المادة » .

يتضح مما سبق ان النظرية الموجية الكلاسيكية تعجز عن تفسير بعض ظواهر الضوء والاشعاعات الأخرى ذات الطبيعة المشابهة (كالأشعة السينية واشعة كاما) ، كما تعجز النظرية الدقائقية الكلاسيكية عن تفسير بعض ظواهر الدقائق الصفتية الصغرى ، كالألكترونات وغيرها .

وصف فوك واقع الحال ذاك كما يلي : » لنتصور حزمة من الالكترونات ذات طاقة معينة ، تنفذ خلال بلورة وتقع على لوح فوتوغرافي ، فتولد شكلا للتشتت لا يمكن تفسيره الا على اساس الصورة الموجية للألكتروقات ٠ هذا الشكل يطابق تراكب امواج تتشتت عند كل ذرة من ذرات البلورة ٠ وهنا لا يعتمد شكل الحيود على شدة الحزمة ، اذ يتولد نفس الشكل في الحالة الحدية عند استخدام حزمة ضعيفة جدا ، حيث نستطيع ان نقول ان الالكترونات تقع فرادى على البلورة ، أي واحدا واحدا بالتتالي ٠ ولذلة يجب ان تسند خواص موجية الى كل الكترون مفرد ، وليس الى مجموعة الألكترونات فقط ٠ ولكن في نفس الوقت يولد كل الكترون يقع على اللوح الفوتوغرافي اسودادا في نقطة واحدة (في حبة واحدة من الفلم الحساس) ؛ اما توزيع الشدة للحزمة النافذة فيولده مجموع الحبات المسودة ٠٠٠٠ لذلك فالألكترون

يسلك في ظروف معينة (عند المرور خلال البلورة مثلا) كموجة تنتشر ، وفي ظروف اخرى (عند الوقوع على حبة من غشاء الفلم) كدقيقة لها موقعها المحدد »[٣٦] .

لهذا فلكي نصف الجسيمات الصغرى وصفا كاملا ينبغي على العموم استخدام كلتا الصورتين : الدقائقية والموجية . ولكن يكفي احيانا ، في حالات حدية ، استخدام احدى الصورتين فقط . ففي التردد العالي جدا مثلا يبرز الطابع الدقائقي (مثل كوانتات الضوء عالية الطاقة) ؛ وفي التردد الواطيء لا تظهر سوى الخواص الموجية (كما في امواج الراديو) .ففي تلك الحالات وامثالها يمكن الكلام عن الحدود العملية للثنائية . ولكن على العموم تظهر الصورتان وكأنما تستبعد احداهما الأخرى : فالصفة الدقائقية لها طبيعة متقطعة ؛ اذ توجد دقائق صغرى ، وهذه لا يمكن ان تتداخل ، ولايمكن ان يمحو بعضها بعضا . اما الصفة الموجية فلها طبيعة متصلة ، وهي التي تولد ظواهر التداخل .

وباختصار يمكن القول ان المادة لا تتفق مع التصور الميكانيكي الكلاسيكي عنها . فهي « لا تتألف من دقائق بالمعنى الكلاسيكي ، ولا من مجال موجي بالمعنى الكلاسيكي ايضا . انها تتألف من شيء آخر نعجز الآن عن تكوين صورة له ، ولو اننا نستطيع وضع المعادلات الرياضية لوصف حركته » (٣٧) .

ان اية نظرية تستهدف وصف الواقع الموضوعي وتفسيره يجب ان تتغلب على هذه الثنائية باحتوائها في ثناياها ، وان تكون قادرة على تفسير الصفتين المتناقضتين للمادة معقدة البنية.وقد امكن في الميكانيك الكوانتي التوصل الى تركيب من الصورة الدقائقية والصورة الموجية يجعل الصورتين تنطبقان على الشيء الفيزياوي المدروس (التفسير الاحصائي للميكانيك الكوانتي) .

تتبين الصفة الجدلية لثنائية الدقيقة ــ الموجة في فشل جميع المحاولات النظرية التي بذلت للتخلص من

احد طرفي هذا التناقض • فقد فشلت محاوله الحفاظ على صورة الدقيقة الكلاسيكية والتخلص من الصفة الموجية باعتبار الموجة احتمالية رياضية فقط • كما فشلت محاولة الغاء الصفة الدقائقية للجسيمات الصغرى والاستعاضة عنها بـ « باكيت الأمـواج » • وبهذا اثبت الموديل الكلاسيكي قصوره في تصوير الاحداث في العالم الصغير • فليس هناك « احجار » صغرى اخيرة تتمتع ببنية ميكانيكية بسيطة تتألف منها المادة ؛ فالمادة معقدة البنية ، متعددة الاوجه•

لم تنته النقاشات حول ثنائية الدقيقة ـ الموجة بعد • وهناك فكرتان رئيسيتان في هذا المجال :

ـ الأولى تنطلق من ان التناقض هنا هو تناقض بين الصورتين الكلاسيكيتين ، الدقيقة والموجة ، وان ايا منهما يجب ان لاتساوى بالجسم الكواتني ، لأنها لا تطابقه مطابقة ملائمة وافية ، كما هـو الحال في الماكروفيزياء ؛ وان مايبـرر استعمال

هاتين الصــورتين هو فقدان موديلات ومفاهيم ملائمة للجسيم الكواتني •

ــ والثانية تنطلق من ان للجسيم الميكروسكوبي الواحد خواصه الدقائقية الموجية ، أي هــي خواص متناقضة • وهنا لا تعتبر الدقيقة أو الموجــة موضوعية ولهذا لايستطيع اي من الجانبين لوحده استيعاب جميع خواص الجسيم الفيزياوي • وهنا يفهم النوعان من الخواص الواقعية الموضوعيــة الجسيم الفيزياوي الدقائقي والموجي كوحدة من الاخداد متناقضة جدلياً •

النظرية الكوانتية quantum theory

النظرية الكوانتية نظرية فيزياوية تعالج حركــة الجسيمات الميكروسكوبية (الدقائق الأولية ، الذرات، الجزيئات) وتفاعلاتها ، وتأخذ بنظر الاعتبار الطبيعة الثنائية للمادة) ثنائية الدقيقة ــ الموجــة (وتتضمن كوانتم الفعل لبلانك (h) كثابت جديد مــن

ثوابت الطبيعة. وتعزى تسميتها بـ « النظرية الكوانتية »
الى انها تفسر الطبيعة الكوانتية المتقطعة للكثير من
المقادير الفيزياوية كنتيجة لمحدودية قيمة ثابت بلانك .
وتؤدي هذه النظرية الى نفس النتائج التي تؤدي اليها
النظرية الكلاسيكية عند الحالة الحدية حينما يقرب
ثابت بلانك الى الصفر ($h \longrightarrow o$) مبدأ التطابق) .
وتستطيع النظرية الكوانتية تفسير الكثير من الظواهر
والارصاد التي تشذ عن التوقعات الكلاسيكية
للسستمات الميكروسكوبية ، أي لاتستطيع الفيزياء
الكلاسيكية تفسيرها ، كما تفسر الكثير من خواص
المواد الكثيفة ، خاصة الاجسام الصلبة ، كقابلية
التوصيل والمغناطيسية والحرارة النوعية ، عند ربطها
بمباديء الميكانيك الاحصائي .

قامت النظرية الكوانتية على اساس الفرضية
الكوانتية التي قدمها بلانك عام ١٩٠٠ لتفسير اشعاع

الجسم الاسود (الجسم الذي يمتص جميع الاشعاع الساقط عليه) ، والقائلة ان المادة لا تطلق طاقة اشعاعية او تمتصها بمقادير اعتباطية كيفية متصلة ، وانما بدفعات صغيرة (كوانتات) • وقد تطورت النظرية الكوانتية الى ما يسمى بـ « النظرية الكوانتية القديمة » في العقدين الاولين من هذا القرن ، اعتمادا على تلك الفرضية ، بأعمال آينشتاين (تفسير الفعل الكهرباضوئي) وبور (موديل بور للذرة) وسومرفلد (استخدام النظرية النسبية لتفسير البنية الدقيقة في الطيف الذري اعتمادا على موديل بور) • وبما ان هذا التطور قد تم بتطعيم الفيزياء الكلاسيكية بالافكار الكوانتية ، فأنه استطاع تفسير بعض الاطياف الذرية تفسيرا وصفيا بصورة جيدة من جهة ، وبرزت من الجهة الاخرى تناقضاته الداخلية ، واعطى في بعض الحالات قيما غير صحيحة • ولم يمكن التغلب على تلك المشاكل الا بـ « الميكانيك الكوانتي » الجديد •

امكن التوصل الى الميكانيك الكوانتي بأدخال الأفكار الكوانتية في الميكانيك الكلاسيكي أو النظرية الموجية الكلاسيكية • وفي الواقع التاريخي استخدمت الطريقتان في آن واحد : فالطريق الاول سار عليه هايزنبرگ (١٩٢٥) اذ جعل لكل مقدار فيزياوي يظهر في الميكانيك الكلاسيكي (كالموضع والزخم والطاقة) «ماتريكس »يمثله ، وحول معادلات الحركةالى معادلات ماتريكس (ميكانيك الماتريكس) • اما الطريق الثاني فقد سار عليه شرودنگر Schrödinger (١٩٢٦) اذ اول الكوانتية الملاحظة في الطاقة كتذبذبات لمجال المادة ، ووضع للمقادير الفيزياوية تعابير تفاضلية، مطورا فكر دي بروغلي بتمثيل حركة الدقيقة بموجة (الميكانيك الموجي) • الصياغتان : « ميكانيك الماتريكس » و « الميكانيك الموجي » ـ كما بين شرودنگر عام ١٩٢٦ ـ متكافئتان رياضيا ، تؤديان

الى النتائج الفيزياوية ، وتمثلان طريقتين مختلفتين لعرض نظرية واحدة •

ساهم بورن M. Born بدور جوهري في تطوير الميكانيك الكوانتي ، اذ اتى بالتفسير الاحصائي لدالة شرودنگر الموجية الذي يضمن التفسير الدقائقي في الميكانيك الكوانتي من ناحية ، ويؤدي من الناحية الأخرى الى تقديم مقولات احصائية احتمالية (مثلا عن وجود الدقيقة في مكان ما) • وهذه نتيجة مباشرة لحقيقة ان المقادير « المترافقة قانونيا canonical conjugate » (كالموضع والزخم) لا يمكن قياسها بدقة كيفية في آن واحد (علاقة اللادقة) • كما ساهم في بلورة الصياغة الكاملة للميكانيك الكوانتي فيزياويون بارزون آخرون مثل باولي Pauli (مبدأ الاستثناء ــ ١٩٢٥) وديراك Dirac (دمج الميكانيك الكوانتي بالنظرية النسبية في نظرية

الألكترون ـــ ١٩٢٨) وفوك Fock (فضاء فوك في نظرية المجال الكوانتية) وغيرهم .

بما ان الميكانيك الكوانتي قد استهدف الكشف عن قوانين حركة الدقائق الصغرى للمادة ، وهذه ليست جسيمات كلاسيكية صغيرة جدا ، كما هــو المألوف في نظرتنا الاعتيادية اليها ، انما هي دقائق جديدة نوعيا ، لذا لزم لتصويرها استعمال صياغة رياضية مختلفة عما استعمل في الفيزياء الكلاسيكية . فحالة سستم كوانتي تمثل بفكتور Ψ (في فضاء هلبرت . أما المقادير « الــدالــة الموجيــة في معــادلــة شــروفكــر » الفيزياوية فيمثل كل واحد منها بأوبراتور operator

بالمقارنــة مــع الفيزيــاء الكلاســيكية تظهــر الخصوصيات التالية للميكانيك الكوانتي :

١ ـــ يقدم الميكانيك الكوانتي في الإساس مقولات احصائية . فأن كان بالامكان التنبؤ بالقيم المقاسة

الممكنة لاحد السستمات وتوزيعها الاحصائي ،
فلا يمكن معرفة قيمة قياس مفرد واحد .

٢ ــ تفي اوبرأتورات المقاديـر « المترافقة قانونيا » بقواعد التبادل لهايزنبركك . وتتضمن قواعـد التبادل هذه ثابت بلانك الـذي يظهر في النظريـة الكوانتية كثابت طبيعي جديد نوعيا وينتج من هـذا ان التوزيع الاحصائي للقيم المقاسة لكل واحد من المقدارين المرصودين « المترافقين قانونيا » لا يمكن ان يكـون دقيقـا بشـكل كيفـي (علاقـة اللادقة) .

٣ ــ لا يمكن اهمال فعل جهاز القياس على الجسم المراد قياسه .

لقد ادى تقييم خصوصيات الميكانيك الكوانتي تقييما غير صحيح الى الكثير من التأويلات الفلسفيـة غير الصحيحة . فقد تشكك البعض في حتمية العمليات الكوانتية بسبب الطابع الاحصائي للقوانين الكوانتية ؛

وبالغ آخرون في قيمةعملية القياس . وهو جم الميكانيك الكوانتي احيانا من مواقع مادية بالرغم انه نظرية غير كاملة بسبب صفته الاحصائية . والحقيقة ان الميكانيك الكوانتي يوفي بجميع المستلزمات التي توفي بها اية نظرية فيزياوية . ففيه يمكن التنبؤ بقيم القياس الممكنة وتشتتها الأحصائي لأي مقدار فيزياوي قابل للرصد . وبمعرفة حالة السستم في زمن معين تستطيع النظرية حساب حالته في اي زمن آخر . والسببية

والحتمية مضمونتان في الميكانيك الكوانتي كما في اية نظرية فيزياوية اخرى . وغني عن البيان ان ذلك ليس له علاقة بالأفكار والتصورات الميكانيكية ، اذ لايمكن تعيين مسار الدقيقة الواحدة كما كان الحال في الميكانيك الكلاسيكي . هذا النوع من المشاكل والصعوبات يظهر دائما عند محاولة فهم العمليات غير الكلاسيكية بمساعدة افكار وتصورات كلاسيكية غير ملائمة .

علاقة اللادقـــة uncertainty relation

صاغ هايزنبركك عام ١٩٢٧ علاقة اللادقـــة في الفيزياء الكواتنية ، وتعني انه لايسكن قياس مقدارين فيزياويين «مترافقين قانونياً» في الميكانيك الكلاسيكي (كموضع الدقيقة وزخمها) في آن واحد بدقـــــة كيفية ، انما هناك حدود لتلك الدقة تبينها العلاقـــة التالية (للموضع والزخم) : $\Delta p. \Delta q \geqslant \hbar$

حيث تعني Δp اللادقة في تعيين الزخم و Δq اللادقة في تعيين الموضع ، و $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ، h ثابت بلانك . $\Delta E \cdot \Delta t = \hbar$

بسبب صغـــر كوانتم الفعـــل (ثابت بلانـــك) لاتكتسب علاقة الدقة اهمية الا في الحقل الذري . وينتج من ذلك ان الجسيمات الميكروسكوبية لايمكن

ان يعين لها مسارات ، لأن ذلك يستلزم معرفة الموضع والزخم بدقة في آن واحد ، وهذا غير ممكن حسب علاقة اللادقة .

لاتقتصر علاقة اللادقة على موضع الدقيقة وزخمها ، انما تشمل ازواجاً من مقادير فيزياوية اخرى « مترافقة قانونياً » كالطاقة والزمن :

لايمكن تخفيض حدود اللادقة المعطاة في العلاقة المذكورة ، اي لايمكن زيادة دقة القياس بزيادة دقة جهاز القياس او طريقته ، او حذف التشويشات والأضطرابات التي قد تحدث اثناء القياس ، فاللادقة ليست امراً ذاتياً ، انما هي حقيقة موضوعية تتعلق بطبيعة الدقائق الميكروسكوبية وبنيتها المعقدة .

وبعلاقة اللادقة امكن تفسير العديد من الظواهر الفيزياوية التي لايمكن تفسيرها في الفيزياء الكلاسيكية .

تبين علاقة اللادقة بطلان الصورة الكلاسيكية للدقائق الصغرى ، التي اعتمدت عليها المادية الميكانيكية حول حتمية الأحداث المادية وامكانية التنبؤ بها •

وهي نعكس رابطة موضوعية ، ضرورية ــ عامة ، جوهرية ــ اي قانوناً • وقد استنتجت من التحليل النظري للدراسة التجريبية للخواص الموضوعية الموجية والدقائقية للجسيمات الأولية • ويحصل احياناً ان تفسر فلسفياً كما لو اننا لانستطيع معرفة الأجسام الفيزياوية معرفة دقيقة بسبب فعل الذات على الموضوع في التجربة • ولكن هذا التفسير مغلوط ، فهو يتمسك بالمادية الميكانيكية ، ويعتمد على تصور الجسيمات الصغرى تصوراً كلاسيكياً ــ وهذا مافندته المعارف المكتسبة في الفيزياء الكوانتية • فهذه الحقائق المكتشفة تجعل من الضروري التخلي عن التجريد الذي كان له مايبرره في معالجة الأجسام الماكروسكوبية في الفيزياء الكلاسيكية في اعتبار تلك

الأجسام نقاطاً كتلية يمكن تعيين موضعها وزخمها في آن واحد • وليس من نقص المعرفة اذا بينت لنا علاقة اللادقـة ان تجريـدات الفيزياء الكلاسيكيـة ليست مطلقة ، ولاتطابق الواقع الموضوعي في العالم الأصغر • فتجريدات الميكانيك الكلاسيكي تتمتع بصحة كاملـة في الحقول التي يمكن فيها اهمال كوانتم الفعل لبلانك لأن الأجسام التي تمثلها النقاط الكتلية كبيرة ، بحيث يمكـن اهمال اللادقـة في موضعها وزخمها (حسب ماتقتضيه علاقة اللادقة لها يزنبرگ) • اما في الفيزياء الكوانتية التي تعالج حركة الجسيمات الميكروسكوبية فلايمكن ذلك ، لأن تلك الجسيمات ليست اجسامـا كلاسيكية • وعلاقة اللادقة لاتقيم اية حـــدود للمعرفة ، انما تبين خطأ الصورة الميكانيكيـــة الكلاسيكية لجسيمات العالم الأصغر •

مبدا التكميلية complementarity principle ——

مبدأ نظر معرفي ونهجي اسسه وصاغه نيلز بور

(عام ١٩٢٨) لتفسير وحل المشاكل المعرفية المرتبطة بثنائية الدقيقة ـ الموجة ، وفحواه ان الوجهين اللذين تظهر بهما الجسيمات الصغرى ، الدقائقي والموجي ، يناقض احدهما الآخر ويستبعده ، الا انهما يكمل احدهما الآخر • وهذا يعني ان الوجهين لايظهران في آن واحد في التجربة الواحدة •

مبدأ التكميلية في محتواه العقلاني ، وبصرف النظر عن التأويلات المتعددة ، ولاسيما الوضعية منها ، جزء مهم من النهج المعرفي الفيزياوي الكوانتي • فالميكانيك الكوانتي يدرس الجسيمات الصغرى في تفاعلها مع محيطها الذي يتألف من اجسام كبيرة (ماكروسكوبية) توصف بمفاهيم فيزياوية كلاسيكية • والتفاعل بين الأجسام الكبيرة التي توصف كلاسيكياً والجسيمات الصغرى التي لاتوصف كلاسيكياً يستلزم جهازاً خاصاً من المفاهيم والطرق ـ ومن هذه مبدأ التكميلية • وقد تجاوز بور بهذا

المبدأ صورة العالم الميكانيكية التـي سادت قروناً عديدة • فلأول مرة استطاع عالم طبيعي ان يرفـع ضرورة الوصف بمفاهيم تكميلية يستبعد احدهـا الآخر الى مصاف المبدأ • ورغم ان جانب « استبعاد » المتناقضات هو الذي يطغى في التكميلية ، الا ان هـذا المبدأ يحتوي مع ذلك على معالم جدلية ، وهو خطوة في طريـق التقرب مـن جدلية الطبيعيـة في العالـم الأصغر •

اختفت النواة العقلانية لهذا المبدأ في البدايـة في العديد من التأويلات المثالية ـ الذاتية • فبـور نفسه ومعه العديد من ممثلي مدرسة كوبنهاگن وقعوا بعض الوقت تحت تأثير الفلسفة الوضعية بشدة • وكان العديد من تصريحات بور عن التكميلية مطبوعـاً بالطابع الوضعي ، او يفسر بهذا المعنى • مثال ذلـك موضوعة « التفاعل الذي لايمكن السيطرة عليـه مبدئيا » بين الجسم الصغير (الميكروسكوبي) وجهاز

القياس الكبير (الماكروسكوبي) ، تلك الموضوعة التي توحي بوجود حدود مطلقة للمعرفة ، واستحالة الحصول على معلومات عن الجسيمات الصغرى .ومن الجدير بالذكر ان بور قد ابتعد في سنواته الأخيرة عن الأفكار الوضعية المثالية ـ الذاتية المتطرفة ، واصلح بعض آرائه الفلسفية ودققها . فنبذ مثلا موضوعة التفاعل الذي لايمكن السيطرة عليه مبدئياً » .

مبدأ التطابق ——correspondence principle

هو المبدأ القائل بأن نظرية تصح في حقل معين ، لاتفقد صحتها فقداناً تاماً بنشوء نظرية جديدة اعم ، انما تصبح قوانينها وصياغاتها الرياضية حالة خاصة حدية من قوانين النظرية الجديدة وصياغتها الرياضية. وقد صاغ هذا المبدأ بشكله الخاص لأول مرة نيلز بور عام ١٩٢٠ بصدد العلاقة بين الفيزياء الكلاسيكية والفيزياء الكوانتية بالصورة التالية : الفيزياء الكوانتية

تعطي نفس نتائج الفيزياء الكلاسيكية حينما يكـون العدد الكوانتي كبيراً ، او ان قوانين الفيزياء الكوانتية ومعادلاتها تتحول الى قوانين الفيزياء الكلاسيكيـة حينما يتقرب ثابت بلانك من الصفر $0 \longrightarrow h$.

وقد بين التطور التالي في الفيزياء ان لهذا المبدأ اهمية كبيرة في الأنتقال من احد حقول الفيزياء الـى حقل آخر ، ومن نظرية الى اخرى . فقد تبين مثلا ان البصريات الهندسية حالـة خاصـة حدية للبصريـات الموجية ، وذلك حينما يقترب طول الموجة من الصفر ، وان الميكانيك الكلاسيكي حالة خاصة حدية للميكانيك النسبي حينما تعتبر سرعة الضوء لانهائية (او حينما تكون سرعة الجسم بطيئة جداً بالمقارنة مع سرعـة الضوء) . ويصح مبدأ التطابق على علوم اخرى . فقد تبين مثلا ان هندسة اقليدس حالة خاصة حديـة للهندسة اللا اقليدية ، وذلك حينما يصبح تحـديب الفضاء صفراً .

يختلف مبدأ التطابق عن المباديء العلمية الأخرى، كمبدأ «الفعل الاقل» ومبدأ «حفظ الطاقة» مثلا ، في انه لايخص اجساماً وعمليات مادية بصورة مباشرة ، انما يعالج الروابط المنطقية والتاريخية بين النظريات العلمية . وبهذا فهو مبدأ علمي فوقي .

يستند مبدأ التطابق فلسفياً على وحدة العالم المادية والعلاقة الجدلية بين الحقيقة النسبية والحقيقة المطلقة . فأية نظرية علمية تنجح في تفسير حقل معين من ظواهر الطبيعة ، وتمثل بذلك حقيقة نسبية ، لاتهمل او تنبذ بتطور المعرفة العلمية وارتقائها ، بل تلغى بصورة جدلية ، اي تبقى محتواة ضمن نظرية او حقيقة نسبية اخرى اعلى درجة منها . ورغم ان النظرية الجديدة تنفي القديمة ، الا انها لاتنفيها نفياً ميتافيزيقياً اي تنبذها باعتبارها غير صحيحة ، انما تنفيها نفياً جدلياً ، اذ تبين حدود صحتها .

قابلية الرصد observability ————

"مبدأ نظر معرفي في الفلسفة الوضعية ، يذهب الى ان « ما لا يمكن رصده ليس له وجود » .

كان لهذا المبدأ اهمية تقدمية مقابل التأملات التي لا اساس لها في دراسة الطبيعة لأنه يؤكد على الأساس التجربي الذي لا يستغنى عنه في هذه الدراسة . ولكن هذه الحقيقة استغلت بتفسيرها تفسيراً مثالياً ــ ذاتياً . وكان الاساس الذي اعتمد عليه هذا التفسير مقولة بركلي : « الوجود هو المحسوس » .

قابلية الرصد مشروطة تاريخياً ، لأنها تعتمد على مستوى تطور العلم في زمن معين . وقد يؤدي اشتراط الاخذ بها من اجل التسليم بوجود الشيء الى استنتاجات مغلوطة ، فتصبح عائقاً في سبيل البحث العلمي ، لأن عدم قابلية رصد الشيء لاتضمن عدم وجوده .

اما من وجهة نظرية المعرفة فيتناقض مبدأ قابلية الرصد مع حقيقة وجود واقــع مستقل عن الوعي .

ويكمن الخطأ الأساسي لهذا المبدأ في اهمال النظرية وجعل التجربة مطلقة . وقد ابان تطور الفيزياء الحديثة ان التفكير التجريدي والاستنتاجات الرياضية يمكن ان تقدم معارف موثوقة يركن اليها .

لقد استغل الوضعيون لدعم هذا المبدأ نبذ مفهوم « الأثير » في النظرية النسبية الخاصة بعد فشل تجربة مايكلسون ـ مورلي ، اذ تبين الى ان الأثير لم يمكن رصده ، ولذلك فهو غير موجود . غير ان مبدأ قابلية الرصد يمكن ان يحتوي على لب مادي في صياغته المعكوسة ، وان بدت تافهة ، وهي « ما لا يوجد لا يمكن رصده » . فالأثير لم يكن بالمستطاع رصده لأنه غير موجود .

ويذهب الوضعيون في تفسير في دور الراصد في التجربة مذهباً ذاتياً . فاعتماداً على حقيقة ان الوجه (الدقائقي أو الموجي) الذي تظهر به الجسيمات الصغرى في التجربة يعتمد على الجهاز المستعمل

للفحص عنها ، يزعمون ان تلك الصفة تعتمد على ارادة القائم بالتجربة (الراصد) الذي يختار الجهاز ، أي انها تعتمد علـــى الذا ت• ولهذا فصفات الموضــوع (الجسيمات الصغرى هنا) حسب رأيهم لا تعتمد على الموضوع المفحوص ، انمـــا تخلقها الذات المتفحصة (الراصد) خـــلال عملية الفحص • وبهذا لا يمكن التمييز تمييزاً واضحاً بين موضـــوع المعرفة والذات المتعرفة في الفيزياء الكوانتية ـــ كما اعتقدوا •

غير ان الجسيمات الصـــغرى تحوز على تلـــك الصفات بالأستقلال عن الذات (الراصد) ؛ ولا تظهر تلك الصفات الا في ظروف موضوعية مستقلة عـــن الوعي • اما كون هذه الظروف يخلقها الراصد القائم بالتجربة باختياره فلا يقوم دليلا على الذاتوية النظر معرفية ، اذ ان اية تجربة تجري بالواقع بالأستقلال عن الانسان القائم بها • فصحيح ان الانسان يحدد الشروط التي تجري فيها التجربة سلفاً ، الا ان عمليات التجربة

تجري بشكل موضوعي . وتظهر تلك الموضوعية في حقيقة ان التجربة تعطي نفس النتائج ببقاء تلك الشروط ، أي تظهر نفس العلاقات الجوهرية العامة . وذلك يعني ان القوانين التي تجري بموجبها التجربة مستقلة عن وعي الانسان وارادته . كذلك صفات الجسيمات الصغرى مستقلة عن الذات التي تتفحصها (الراصد) وعن الوعي . وبذلك لا يمكن للراصد ان يخلق صفات الشيء المفحوص (الجسيمات الصغرى) .

اما تلك المزاعم فلا تعني الا التنكر لفكرة ان للعالم وجودا موضوعيا مستقلا عن الانسان الراصد . وغني عن البيان ان فكرة مساهمة الراصد في خلق صفات الشيء المرصود ، هذه الفكرة الدالة على نظرة فلسفة مثالية ــ ذاتية ، يتسم بها تفسير « مدرسة كوبنهاگن » للميكانيك الكوانتي ، تختلف جذرياً عن الفكرة المادية القائلة بأن واجب الفيلسوف لا يقتصر على تفسير العالم وحسب ، انما تغييره ايضاً . فتغيير

العالم هنا يجري بأرادة واعية من الانسان بالأعتماد على معرفة قوانين العالم الموضوعية •

مدرسة كوبنهاكن

مدرسة كوبنهاگن جماعة من الفيزياويين تجمعت حول نيلز بور (معهد الفيزياء النظرية في كوبنهاگن) في العشرينات واوائـــل الثلاثينات من هذا القـــرن ، وذهبت في التفسير الفلسفي للنظرية الكوانتية الحديثة مذهباًخاصاً متأثراً الى حد بعيد بالفلسفة الوضـعية الجديدة التي ادعت لنفسها كونها « فلسفة العلم » •

لقد تبنى العديد من الفيزياويين الفلسفة الوضعية كرد فعل لخيبة املهم في الفلسفات التقليدية التأملية التي عجزت عن حل المشاكل الفلسفية التي اثارها تقدم علم الطبيعة • وقد تعمقت خيبة الأمل تلك بالأكتشافات الكبيرة التي انجزتها الفيزياء في بداية هذا القرن في المجالين العملي والنظري ، ولاسيما بعد تطوير ألنظرية

النسبية والنظرية الكوانتية ، وما استوجبته من اعادة النظر في عدد من المفاهيم الفلسفية المتعلقة بالعلم كالسببية والحتمية والقانون وغيرها ، وما طرحته من اسئلة تمس اسس العلم مثل ماهي النظرية العلمية ؟ وكيف تبنى ؟ وكيف ترتبط بالواقع العلمي ، التجربة ؟

الكفاح ضد التأملات الضبابية والغامضة ، والصرامة في صياغة المفاهيم ، والأعتماد على الخبر العملية الاكيدة ، كلها جوانب ايجابية حاول الوضعيون الجدد التأكيد عليها • ولذلك فليس من العجيب ان ينجذب الى تلك الفلسفة العديد من الفيزياويين والرياضيين (هايزنبرگ ، بور ، گودل ، ••) من الذين لم ترضهم الفلسفات التأملية التقليدية التي لا تقدم حلا لمشاكل العلم معتقدين ان الوضعية الجديدة ضالتهم المنشودة ، فاعتبروها فلسفة العلم الحقيقية •

غير ان المنطلق الأساسي التجريبي للفلسفة الوضعية بكل اشكالها ، واختزال واجب الفلسفة الى التحليل

المنطقي للغة العلم ، كما تذهب الوضعية المنطقية . يسلبها حق الأدعاء بكونها « فلسفة العلم » ، ولا يساعد على تطور العلم ، كما لا يصح ان يكون اسسا لبناء فلسفة علمية .

اثرت الفلسفة الوضعية الجديدة على ممثلي مدرسة كوبنهاگن مدة طويلة تأثيرا غير قليل . ولكن يجب الاشارة بهذا الصدد الى ان مدرسة كوبنهاگن العقدانية الايجابية لما يسمى بـ « تفسير كوبنهاگن للميكانيك الكوانتي ينطوي على تعدد في الأتجاهات الفلسفية ، يمتد من آراء مثالية ـ ذاتية متطرفة كما هي الحال مع يوردان ، الى بعض المواقف المادية العلمية ـ الطبيعية كما هي الحال مع بورن . كما ان آراء عدد من ممثليها لم تبق هي هي دائما ، انما تطورت وتبدلت مع الزمن ، مع عزوف عن الوضعية المتطرفة ، وميل نما عند البعض نحو المادية (بور ، بورن) .

ظهر الأتجاه الفلسفي ـ الذاتي في مدرسة كوبنهاكن في البداية في فهم العلاقة بين الذات والموضوع فهماً وحيد الجانب (الزعم باختفاء الحدود ما بين الذات والموضوع) ، حيث انكرت الصفة الواقعية ـ الموضوعية للشيء الفيزياوي الكوانتي (الدقائق الصغرى كالألكتروتات مثلا) نكراناً كلياً أو جزئياً .

وكان لمعظم ممثلي مدرسة كوبنهاكن افكار صريحة أو خافية من « اللاعلمية الفيزياوية » ، ورفض شديد للحتمية استنادا الى الصفة الأحصائية لقوانين الميكانيك الكوانتي ، ولو ان ذلك بالأساس ، كما بين بورن ، لا يعني سوى الأنتقاد الصحيح والضروري الموجه للحتمية الميكانيكية وفهمها القاصر للسببية . كما ابرز بور وبورن اهمية القوانين الأحصائية الى جانب القوانين الدينامكية ، ودافعا عنها ضد انتقادات آينشتاين الذي اعتبر القوانين الاحصائية حلا موقتاً . هذه النظرة للقوانين الفيزياوية ، والمحاولة النظرية

للتخلص من الأحكام المسبقة الميكانيكية بواسطة « مبدأ التكميلية » ، واستيعاب التناقض الموضوعي فكرياً (كثنائية الدقيقة ــ الموجة) هي من الجوانب العقلانية الايجابية لما يسمى بـ « تفسير كوبنهاگن للميكانيك الكواتني » •

أما الطابع الثاني ــ الذاتي الطاغي في تفسير مدرسة كوبنهاگن الفلسفي للميكانيك الكواتني فأساسه فقدا الفهم الجدلي للمادة وبنيتها ، والجهل بجدلية القانون والصدفة ، وبالحتمية الجدلية ونظرية التناقض الجدلي ، رغم أن بور تقرب بمبدأ التلحيكية من معرفة الوحدة الجدلية للاوجه المتناقضة في الفيزياء الكواتنية •

لقد لعب دوراً في رفض الحتمية من جانب مدرسة كوبنهاگن واقعران فكرة الحتمية (الميكانيكية) المعروفة آنذاك تفشل في الفيزياء الكواتنية • فهذا الرفض يصبح مفهوماً تماماً اذا اعتبرت فكرة الحتمية للمادة الميكانيكية

هي الوحيدة والمطلقة ، كما كان الحال في الفيزياء في العشرينات على العموم ؛ لأن الحقائق العلمية تتطلب ذلك . غير ان التعميمات الفلسفية التي استنتجت من ذلك كانت مبتسرة ومغلوطة . وقد بين بورن بوضوح ان ماكان يجب رفضه حقيقة هو ــ « حتمية الفيزياء الكلاسيكية »(٣٨) .

مايلي ابرز آراء مدرسة كوبنهاگن حول الأحداث في العالم الصغير :

آ ــ ان جسيمات العالم الصغير لا تكتسب صفة الواقع الموضوعي الا حينما تسجل بواسطة جهاز مختبري ويحس بها احساسا ماكروسكوبيا (القياس او الرصد) .

ب ــ لا يمكن الفصل فصلا واضحاً بين الراصد (الانسان أو الجهاز) والمرصود (الدقيقة ، الذرة) ، أي بين الذات والموضوع ، وان المرصود ليس له واقع موضوعي مستقل عن الراصد .

جـ ـ التفاعل بين الجسيم الصغير (الدقيقة الميكروسكوبية) وجهاز القياس يخلق اضطرابا في الجسيم لايمكن السيطرة عليه أو معرفته مقدماً .

د ـ للراصد امكانية الأختيار الحر بين ترتيبين مختبريين مختلفين يؤدي كل منهما الى معلومات عن الجسم الميكروسكوبي تتنافى مع ما يؤدي اليه الترتيب الآخر ، الا انهما تكملان بعضهما (مبدأ التكميلية) . وفسر ذلك بأن الخواص التكميلية (الدقائقية أو الموجية) للدقائق الصغرى تتولد بتأثير الذات على الموضوع ؛ ولذلك لايستطاع معرفة الشيء (الموضوع) في جوهره . وبهذا كانت ثنائية الدقيقة ـ الموجة وعلاقة اللادقة تفسر ان تفسيراً لاارادياً .

هـ ـ الأحصاء والسببية ، أو الأحتمال والحتمية . نقيضان يتنافى احدهما مع الآخر تناقضاً مطلقاً . ولا يمكن التوفيق بينهما . وان قوانين الميكانيك الكوانتي

الأحصائية تعني اللاحتمية واللاسببية في احداث العالم الصغير (الميكروسكوبي) •

و ــ واجب الفيزياء يحصر في وصف الروابط بين الأحساسات وصفاً شكلياً • اما الواقع الموضوعي الذي هو مصدر تلك الأحساسات ، وامكان معرفة هذا الواقع ، فينبذ من تفكير البعض باعتباره تأملات « غير ذات معنى » •

لنتفحص الآن مدى انطباق هذه السمات على آراء ابرز ممثلي مدرسة كوبنهاگن :

كتب يوردان P. Jordan : « الأشياء والأحداث في العالم الكبير هي وحدها التي لها حقيقة بالمعنى الدقيق للكلمة • ففيها وحدها يصح القول بوجود موضوعي وحدث موضوعي مستقل عن الراصد• أما الكيان الميكروسكوبي والحدث الميكروسكوبي المنفردان فيفتقدان التثبت الموضوعي ، ولا يكتسبان صفة الحقيقة التامة الا في التجارب النادرة الأستثنائية ،

حينما يولدان آثاراً تشاهد في العالم الكبير »[٣٩] .
وكتب عن السببية في العالم الصغير : « ان الفيزياوي الحديث الذي تغوص امكانياته الحسية التجريبية الى اعماق الطبيعة يرى هنا في كل وجود مادي ، وخلال حركات الذرات والألكترونات العشوائية ، حدثاً كل فعل منفرد فيه (كل حركة للذرة أو الالكترون) يجري بدون سبب ، ولا يمكن التنبؤ به ، كحركة الجن »[٤٠] .

وذهب هايزنبرگ W. Heisenberg الى انه لا يمكن ان توجد « فيزياء موضوعية » ، أي ان من من الممكن وضع حد فاصل واضح بين الموضوعي والذاتي ، وان الفيزياء الذرية لا تعالج بنية الذرات ، بل احداثا نحس بها عند الرصد ، وليس من الممكن جعل الرصد عملية موضوعية ، ولا يمكن اعتبار نتائجه شيئاً واقعياً بصورة مباشرة . وكتب : « تخصر مهمة الفيزياء في وصف الترابط بين الأحساسات وصفاً شكلياً فقط .

وبأمكاننا ايجاز الواقع الحقيقي كما يلي : بما ان جسم التجارب تخضع لقوانين الميكانيك الكوانتي ، اصبح خطأ قانون السببيه مثبتاً اثباتاً قاطعا »[٤١] •

ومما يجلب الآنتباه ان هايزنبرك لم يكن له موقف واضح ثابت من « الواقع الموضوعي » • فهو يكتب عن الذرة مثلا : « في الجوهر نجد ان الدقيقة الأولية ليست جسيماً ماديا في الفضاء والزمان ، انما هي بشكل من الاشكال ومجرد رمز تتخذ قوانين الطبيعية عند تقديمه شكلا سهلا واضحا ••• ان خبرات الفيزياء الحديثة تبين لنا ان لا وجود للذرات كجسميات بسيطة • الا ان تقديم مفهوم الذرة يمكننا من صياغة القوانين التي تحكم المعطيات الفيزياوية والكيمياوية صياغة « سهلة [٤٢] • ولكنه يكتب في نفس المقال : « ان الشرط المسبق للتدخل الفعال العلمي في العالم المادي والموجه لاغراض عملية هو المعرفة الواعية بالقوانين الطبيعية المصاغة بقانون

رباني »[٤٣] . وكتب في مكان آخر : « العلم يشكل بشكل من الأشكال محاولة لوصف العالم بالمدى الذي يكون فيه هذا العالم مستقلا عن فكرنا وعملنا . اما حواسنا فليست سوى وسيلة محدودة الكمال ، تمكننا من اكتساب المعرفة عن العالم الموضوعي »[٤٤] .

اما نيلزبور N. Bohr فقد ذهب الى وجوب الكف عن وصف الأحداث الطبيعية وصفاً سببياً في الفضاء والزمان ، واعتبر السببية « مكملة » للوصف الفضازماني ، بحيث يتنافى احدهما مع الاخر ، اذ كتب: «تبعا لجوهر النظرية الكواتية ! يجب علينا ان ننظر الى الوصف الفضازماني ومطالب السببية ، اللذين كان اتحادهما احد المعالم الرئيسية للنظريات الكلاسيكية : باعتبارهما شيئين (متكاملين) ويتنافى احدهما مع الآخر في وصف محتوى التجارب »[٤٥] . وذهب الى ان الميكانيك الكوانتي لايزودنا الا بخطة للحساب تربط

بطريقة احصائية (احتمالية) مجموعة من الظــــواهر
ــ التي توصف كلاسيكياً ــ بمجموعة اخـــــرى .
ولايستطيع المرء ان يقول ان هناك جسمــاً كواتيــاً
(الكتروناً مثلا) ، فهذا هو مجرد اسم نشأ عن وصف
الظاهـــرة .

واما بولي W. Pauli فقد ربط بين الصفــة
الأحصائية (اللاحتمية حسب رأيه) لقوانين الفيزياء في
العالم الصغير وبين حقيقة ان المجرب يمتلك حريــــة
الاختيار بين ترتيبتين تجريبين يكمل احدهما الاخر ،
الا انهما يؤديان الى معلومات عن الدقائق تتنافى مـع
بعضها ، واستنتج من ذلك ان الرصد يتصف باللاسببية
واللاعقلانية ، ويعبر عن وجود « احتمالات اولية ...
لايمكن ان ترجع الى قوانين سببية حتمية » [٤٦] .

اما شرودنگر E. Schrödinger فبالرغم
من انه لم يكن من جماعة مدرسة كونبهاگن ويختلف

واياها في بعض الآراء ، الا انه كان يتفق معها في نكران الحتمية والسببية في العالم الصغير • يقول شرودنگر : «من اين اتى الاعتقاد السائد عن الحتمية السببية المطلقة للأحداث الذرية ، والأقتناع بعدم وجود ما يناقض ذلك ؟ اتى ذلك بكل بساطة من التعود الذي نشأ عبر آلالف السنين في التفكير سببياً ••• ومن اين اتت هذه العادة في التفكير ؟ من مراقبة استمرت آلالف السنين اللاحداث الطبيعية (القانونيات) التي نعرف الآن بكل تأكيد انها ••• ليست سببية بشكل مباشر ، انما هي قانونيات احصائية غير مباشرة »[٤٧] •

وكان ماكس بورن M. Born على رغم اتصاله الوثيق بممثلي مدرسة كوبنهاگن ، معارضاً للاتجاه الفلسفي الوضعي فيها ، ومدافعاً الى حد بعيد عن المادية (العلمية ــ الطبيعية) في تفسير الفيزياء الحديثة • فقد كتب عن الوضعية : « الوضعية بمعناها الدقيق تنكر واقعية العالم الخارجي الموضوعي ، او انها

على الاقل تنكر امكانية قول شيء عن هذا العالم .
قد يظن المرء ان لا يوجد من الفيزياويين من يؤمن بهذه الآراء ، ولكن الحقيقة انه يوجد عدد منهم كذلك، بل اصبحت هذه الفلسفة (مودة) شائعة بينهم ... ان الوضعية المتطرفة التي لا تعترف بغير الأحاسيس كحقيقة ، وتعتبر كل ما عداها تراكيب لربط تلك الاحاسيس ربطاً منطقياً ، لا تعدو عن كونها فلسفة تتناقض بصورةواضحةمع الفلسفة التي تستهدف تعميم الحقائق . انها فلسفة ذاتية بدرجة عالية »[٤٨] .

رفض بورن الحتمية (الميكانيكية) وايد السببية . فقد كتب : « يبدولي الآن ان المساواة بين الحتمية والسببية تؤدي الى الخطأ »[٤٩] ، وان « الميكانيك الكوانتي الجيد لا يسمح بتفسير حتمي . ولكن بما ان الفيزياء الكلاسيكية قد ساوت بين السببية والحتمية ، بدا وكأن التفسير السببي للطبيعة قد حلت نهايته . اني لا اشاطر هذا الرأي ... فالفهم الميكانيكي الحتمي قد

غير ان فلسفة اخرى لا تقتصر على رفض السببية ايضاً ،
أتى بفلسفة تغمض عينها عن الحقائق التجريبية الواضحة .
تبدو لي كذلك حمقاء »[٥٠] . و « ان الذي يجب رفضه
حقا هو حتمية الفيزياء الكلاسيكية ... ومفهوم الواقع
الساذج الذي يفهم دقائق الفيزياء الـذرية كما كانت
حبات رمل صغيرة جداً »[٥١] .

اضافة الى ذلك كان بورن يـرى ان الموديلات
والصور الفيزياوية والفرضيات ليست نتاجاً للتخيل الحر
الفارغ ، انما لها محتوى موضوعي « وتمثل اشياء
حقيقية » . واعتقد بورن ان علـم الطبيعة يبحث في
احداث موجـودة وجوداً موضوعيـاً حقيقياً ؛ وان
الأحساسات والمشاهدات دلائل للعالم الخارجي ؛ وان
ثنائية الدقيقة ـ الموجة ليست دليلا ضد اي منهما ، انما
تكشف عن البنية المعقدة للعالم الفيزياوي الموضوعي ،
وان الدقائق والامواج ليست خلقاً فكريا ، ، انما هي
موجودة في الواقع ، وان الباحث الذي يقوم لابتجربة

يقف موقف المتفرج منها ، بل يؤثر على الحدث الذي يريد فحصه •

لقد وقف العديد من الفيزياويين ضد الأتجاه الوضعي لمدرسة كوبنهاگن في تفسير الميكانيك الكوانتي• وبالرغم من ان غالبية الفيزياويين قد قبلت بالتفسير الأحصائي للدالة الموجية ، الا ان بعضهم لم يكتف به ، ورأى فيه تفسيراً اجمالياً يجب ان يخلي مكانه لتفسير حتمي صارم • وحاول دي بروغلي مع بوم وفيجبيه التوصل الى وصف حركة الدقيقة المفردة بافتراض وجود « عوامل خافية » ؛ كما حاول بوم ، على نقيض شرودنگر ، تفسير الميكانيك الكوانتي بأجمعه على أساس التصور الدقائقي الاعتيادي • وكان آينشتاين على رأس معارضي مدرسة كوبنهاگن •

لم يرفض آينشتاين الميكانيك الكوانتي رفضا ، قاطعا انما كان يعتبره من انجح النظريات الفيزياوية في هذا العصر ، واعترف بأهميته في تفسير المسائل الفيزياوية

المرتبطة بثنائية الدقيقة ـــ الموجة ، واكد على نجاحه في مجالات مختلفة من الفيزياء . وكتب قبل وفاته بقليل « انني اعترف اعترافاً كاملا بالتقدم الهام جداً الـــذي اتت به النظرية الكوانتية الأحصائية للفيزياء النظرية ... ان العلاقات الشكلية المحتواة في هـــذه النظرية ، أي صياغتها الرياضية ، يجب ان تحتويها اية نظرية مفيدة مقبلة بشكل نتائج منطقية »(٥٢) . وكان آينشتاين ينظر الى علاقة اللادقة لهايزنبرگ باعتبارها حقيقة « ثبتت صحتها بصورة نهائية »(٥٣) .

غير انه كان من الناحية الأخرى لايرى في الدالة الموجية الواردة في معادلة شرودنگر ـــ وهي المعادلة الأساسية في الميكانيك الكوانتي ـــ وصفا كاملا لدقيقة مفردة ، وانما لمجموعة من الدقائق ،ولهذا السبب نشأت، حسب رأيه ، الصفة الاحصائية للميكانيك الكوانتي . وكان يرى ان الأحصاء لا يصح ان يكون اساسا لتطور الفيزياء ، واعتقد بأمكان ايجاد نظرية تستطيع التعبير

عن حركة جسم منفرد بواسطة دالة متصلة فضائياً وزمانياً،
بينما كان ممثلو مدرسة كوبنهاگن برون في النظرية الكوانتية الاحصائية حلا نهائياً للمشاكل الفيزياوية في الحقل الذري • ولم ير آينشتاين سبباً يدعو الى الاعتقاد بأن قاعدة الفيزياء ستبنى في المستقبل على الأحصاء • وذهب الى ان هذه النظرية لا تقدم منطلقاً مفيدا لتطور الفيزياء اللاحق •

كان آينشتاين يرى في الاحتمال الذي تتضمنه النظرية الكوانتية الاحصائية شيئاً يتعارض مع الخضوع للقانون ويتنافى معه • فقد كتب الى ماكس بورن مرة « لقد تطورنا في عملنا العلمي حتى اصبحنا نقيضين • انت تؤمن بأله النرد ، وانا اؤمن بوجود موضوعي في عالم خاضع للقوانين اسعى لاكتشافه•••ان النجاحات الأولى للنظرية الكوانتية ليس باستطاعتها ان تقودني الى الايمان بلعبة النرد » (٥٤) • ولعبة النرد هذه كناية عن الصفةالاحصائية التيتسم بها الميكانيكالكوانتي ،

حيث يلعب الأحتمال (وهو تعبير عن درجة امكان حصول الحدث بالمصادفة دورا مركزيا فيه .

الدقائق الاولية

الذرية في التاريخ

« الذرية » بمعناها العام الواسع هي الفكرة القائلة : بأن بميع الاجسام المادية تتألف من جسميات اولية ـــ ذرات . وهي تاريخيا نظرية فلسفية مادية وعلمية ـــ طبيعية اساسها افتراض وجود دقائق صغرى غير قابلة للتجزئة ، الذرات ، يمكن بواسطتها تفسير تعدد ظواهر الطبيعة واحداثها ، والمواد وخواصها ، تفسيرا موحدا .

تمثل الذرية في تاريخ الفلسفة اليونانية قمة تطور المادية القديمة . فقد ذهب لويكيب (حوالي عام ٤٥٠ ق . م) وتلميذه ديمقريط (٤٦٠ ـــ ٣٧٠ ق . م) الى

ان المادة تتألف من دقائــق ، لايكمن تجزئتها ، ذات نوعية واحدة ، ولاتختلف عــن بعضها الا بالشــكل والحجم ؛ وهي لانهائية في عددها ، خالــدة ، ازلية ابدية ، لاتبلى ، ولاتخترق ، وتفترض وجود الفضاء الفارغ كشرط لحركتها • ويعود التنوع في الأشــياء الموجودة في العالــم وظواهره واحداثه الــى اختلاف حركات الــذرات •

طور ابيقور (٣٤٢ ــ ٢٧١ ق • م) نظرية ديمقريط ، فأتى بـ « الثقل » كخاصية اساسية للذرات الى جانب الشكل والحجم • وبهذا تنبأ حدساً وعلى طريقته التأملية بوجود الأوزان الذرية للعناصر • وكان ابيقور يفرق ما بين قابلية التجزئة الفيزياوية والرياضية • فبينما كانت الذرات عنده لايمكن تجزئتها فيزياويا باعتبارها الدقائــق الاخيرة غير قابلة للتجزئة ، اكد من الجهة الاخرى امكانية تجزئتها رياضياً • ولــم يكن عنده غير قابل للتجزئــة

رياضيا الا مالم يكن له امتداد ٠ ومالم يكن له امتداد هو عند ابيقور لاشيء على الأطلاق ٠

قام لوكريتس (٩٩ ــ ٥٥ ق٠م) بعد أبيقور بتطوير آخر لذرية ديمقريط ٠ فقد فسر حركة الدوامة الذرية بواسطـة « الزيـغ » declination او الأنحراف في حركة الذرات عن مساراتها ٠ واستنتج من الحركة الأرادية عند الأنسان والحيوان حركـة ارادية للذرات ، وازال من الذرية الصفة الجبريـة التي كانت ملازمـة لها عنـد ديمقريط وابيقور ، دون المساس بصورة العالم المادية الصارمة التي توصلا اليها٠ وكان الشكل الذي اعطاه لوبكيب وديمقريط والبيقور ولوكريتس للذريـة منطلقاً واساساً لجميع النظريـات الذرية اللاحقة ٠

اختفت الذرية خلال العصور الوسطى تحت غبار النسيان ٠

وبعد مايقارب الفي سنة على نشوء النظريـــة الذرية اليونانية عاد اليها كاسندي (١٥٩٢ ــ ١٦٥٥) وحاول بمساعدتها ان يفسر الحالات المختلفة لتكتـــل المادة . فأن كان الأشتغال بالنظرية الذرية يقتصر حتى ذلك الوقت علـــى الفلاسفة فقط بـــدأ الان علمـــاء الطبيعة يعملون بها . وكان اهم ممثلي الذريـــة فـــي القرنين السابع عشر والثامن عشر : ديكارت وغاليليو وبرونو وبويل وهيجنس ونيوتن وديدرو وموبرتوي .

جرى تجديد الذرية بالأرتباط الوثيق مع علــــم الطبيعة الحديث ، وبملامح ميكانيكية في الغالـــب . فحركة الذرات اصبحت تفسر علـــى اساس ما اكتشف آنئذ من قوانين عامة في الميكانيك ــ وهذا هو الجديد الذي اتت به ذرية ذلك العصر كأضافة للذريـــــة القديمة . ومنحت الذرات خصائصـــ ميكانيكية فقط (شكل ، صلابة ، خشونة ، ...) لتفسير الترابطات

الذرية ، وصفات كمية اصبحت فيها حركة الـذرات تعزى الى الضغط والأصطدام •

كان اكتشاف الأوزان الذرية (دالتون ــ ١٨٠٣) والنظام الدوري للعناصر الكيمياوية (مندليف ــ ١٨٦٩) يعنيان نهاية الذرية التأملية والانتقال الى النظرية الذرية العلمية ــ الطبيعية الحديثة • وقد ساهم في تشييـد صرح النظرية الذرية الحديثة عدد كبير من الكيمياويين والفيزياويين • وعرف بسرعة ان العدد الهائل مـن المركبات الكيمياوية يمكن ارجاعه الى عدد محدود من العناصر • ومع ذلك فعدد هذه العناصر الذي اصبـح يقارب المائة لم يكن مرضيا تماما • لهذا قدم براوت عام ١٥٨١ فرضية تقول بأن جميع الذرات مبنية مـن الهيدروجين • ولكن هذه الفرضية لم تصمد امـام النقد آنذاك ، اذ لم تكن الأوزان الذرية للعناصـر الثقيلة اعدادا صحيحة •

باكتشاف النشاط الأشعاعي قامت اولى الشكوك

حول استقرار الذرات وعدم قابلية انقسامها • وفي عام ١٨٩٩ قدم ألستر وگيتل الفرضية القائلة بأن النشاط الأشعاعي يعود الى تفسخ العناصر •

في مستهل القرن الحالي تشكك بعض العلماء من ذوي الأتجاه الوضعي (ماخ وغيره) في وجود الذرات • ولكن نجاح نظرية الحرارة الحركية (بولتسمان ، جيبز ، وغيرهما) اوضح فيزياوياً ان الذرات جسيمات مادية حقيقية • غير ان قابلية الذرات على التجزئة او عدم قابليتها بقيت حينذاك مسألة تنتظر الدراسة والحل •

لم يعد اسم «الذريـة» ينحصر ، كما كان ، بـ « احجار » المادة الصغرى غير قابلة الأنقسام ، انما يطلق الآ ايضاً على المقادير الأولية للخواص الفيزياوية للانظمة الميكروسكوبية • فيجري الكلام مثلا عن البنية الذرية للشحنة الكهربائية ، ويقصد بذلك : ان لايوجد تجريباً الا مضاعفات كاملة من شحنة صغرى ،

هي الشحنة الأولية (شحنة الألكتـــرون) • والأمـــر مماثل مع السبين (العزم الدوراني الخاص للدقيقـــة الأوليـــة) •

فيزيـــاء الدقائـــق الاوليـــة

فيزياء الدقائق الأولية (تسمى ايضاً فيزياء الطاقة العالية) تسعى للأجابة على سؤالين اساسيين :

١ ــ ماهي « الأحجار » (المكونات) الأوليـــة التي تبنى منها المادة ؟ •

٢ ــ ماهي القوى الأساسية العاملة بينها ؟ •

لاتوجد حتى الآن نظرية موحدة للدقائق الأولية إنما هناك مقترحات ومو ديلات مختلفة •

كانت بنية المادة تبـــدو حتى قبل سنوات قليلة وكأنها بسيطة • فهناك اقل من ١٠٠ عنصر كيمياوي في الطبيعة ، يبنى منها كل ماهو موجود في العالم • وكل ذرة من تلك العناصر تتألف من نواة ذات شحنة كهربائية

موجبة ، تحيطها الكترونات سالبة . وتتألف نواة الذرة بدورها من بروتونات ونيوترونات (تسمى دقائق النوعين « نيوكليونات ») . ثم اكتشف للالكترون « اخوان » اثنان يشاركانه في خواصه الاساسية (الشحنة ، السبين ، ...) ، سوى انهما اثقل منه ، وهما الميون والتاوون . ويطلق على صنف « الألكترونات » الثلاثة اسم « اللبتونات » . واكتشف لكل واحد من هذه اللبتونات شريك متعادل ـ « نيوترينو » .

لقد وجد لكل دقيقة اولية « اعتيادية » دقيقة مضادة (ضديد) تشابهها . في جميع خواصها (الكتلة ، مقدار الشحنة ، مقدار العزم المغناطيسي ، ...) عدا نوع الشحنة واتجاه السبين . وبدأ اكتشاف « الدقائق المضادة » بالبوزترون الذي تنبأ به ديراك (١٩٢٨) نظرياً ، واكتشفه اندرسون عملياً في المختبر (١٩٣٢) بين مكونات الاشعة الكونية . ثم توالت بعد ذلك اكتشافات الدقائق المضادة . ومن الحقائق المعروفة انه

اذا التقت احدى الدقائق « الأعتيادية » بضديدها ، فأنهما يتحولان الى دقائق اخرى أو اشعاع في ما يسمى بعملية « الأفناء الزوجي »•وغني عن البيان ان « الدقائق المضادة » هي مادة ايضا بالمعنى الفلسفي ، لأنها تمثل واقعاً موضوعياً يوجد خارج الوعي ومستقلا عنه ، كالدقائق « الاعتيادية » تماما •

من الخصائص المميزة الاولية ، قابليتها على التحول • فدقائق نوع واحد يمكن ان تتحول الى دقائق من نوع آخر • وقد تتحول دقائق لها كتلة سكونية الى اخرى ليست لها هذه ، والعكس صحيح ايضا • وتخضع هذه العمليات لقوانين حفظ معينة ، اضافة لقوانين الحفظ المعروفة في الفيزياء الكلاسيكية (حفظ الطاقة ، حفظ الزخم ، •••) • وهذه القوانين تسمح ببعض الأنواع من التحولات ، وتمنع اخرى • وفي قابلية تحول الدقائق الأولية هذه تبرز احدى الصفات الأساسية للمادة

المتحركة ، وهي امكان تحول شكل معين للمادة الى شكل آخر يختلف عنه نوعياً .

تتوفر الآن ، وتتطور بشكل مستمر ، وسائل نظرية (كالنظرية الكوانتية ، والنظرية النسبية ، والألكتروديناميك الكوانتي ، وغيرها) وامكانيات تجريبية (معجلات ذات طاقات عالية جدا ، كثافات كبيرة لتيارات الدقائق ، اجهزة لرصد الدقائق ذات الطاقة العالية الأتيه في الاشعة الكونية الى الأرض والفضاء القريب منها ، طرق بالغة الحساسية للقياس ، تكنيك معقد للحساب لتحليل كمية كبيرة من المعلومات)، يسعى الفيزياويون باستخدامها للتوصل الى جواب لمسألة وجود « دقائق اولية » يمكن ان تعتبر احجارا اساسية تبنى منها جميع الأجسام المادية بناء فيزياوياً .

لقد اكتشفت حقائق فيزياوية حفزت بعض العاملين في هذا الحقل (كل ــ مان ، وتسفايگك ــ ١٩٤٦ ، بالاستقلال عن بعضهما) الى افتراض وجود دقائق

اصغر مما ذكرنا حتى الآن ، تبنى منها النيوكليونات •
فقد اعتبر كل نيوكليون حسب تلك الفرضية الجريئة
يتألف من دقائق صغرى ثلاث، سميت الواحـــدة منها
« كوارك » quark • ويحمل الكوارك
شحنة كهربائية تعـــادل + ٢/٣ أو ـــ ١/٣ من شـــحنة
الالكترون الأولية • ولكل كوارك ـــ كما هو الحال
في بقية الدقائق الأولية ـــ كوارك مضاد ، يعاكسه في
الشحنة والسبين ، ويشابهه في الخـــواص الاخرى •
وتتوقع النظرية وجود ستة انواع من هذه الكواركات ،
اكتشفت كلها ؛ وكان آخرها قد اكتشف في بداية تموز
(يوليو) ١٩٨٤ • فاما الميزونات (وهي دقائق ذات
عمر قصير توجد في الاشعة الالكترونية أو تتولد في
المعجلات) فيمثل الواحد منها حالة ترابط بين كوارك
وكوارك مضاد $2\bar{2}$ ، واما الباريونات (البروتون
والنيوترون مثلا) فيمثل الواحد منها كما قلنا حالة
ترابط بين ثلاثة كواركات 222 • وبهذا فما

يسمى بـ « الدقائــق الأولية » قد اختزل الآن الــى الكواركات والألكترونات والنيوترينوات •

هل يمكن عزل الكواركات كدقائق طليقة ؟ •

لقد فشلت حتى الآن جميع المساعي لتحقيق ذلك ، وتقوى الرأي المعاكس القائل بأن الكواركات لا يمكن ان توجد بحالة طليقة ، لأن القــوى العاملة بينها في تماســكنها لتكويــن الدقائق ذات التفاعــل القــوي (كالبروتون والنيوترون) لاتتناقص بازدياد المسافة بينها ، انما تبقى على حالها أو قد تزاد ! من يتضح ان الوضع هنا مخالف لقوة الجاذبية مثــلا أو القــوة الكهربامغناطيسية التي تتناقص بازدياد المسافة • ولكن عـــدم امكــان عــزل الكــواركــات بــصورة طليقـــة لايعنــي عــدم وجــودهـــا ، لانـــنا نستطيع ان نتفحص النتائج التي تتولد من هذا الأفتراض فحصاً تجريبياً بشكل ملموس •

كانت القوى الأساسية العاملة في الطبيعة تصنف حتى قبل بضع سنوات الى اربعة انواع :

١ ــ القوة الجاذبيــة ، المسؤولة عن تماسـك النجوم في المجرات ، والكواكب في مساراتها ؛
٢ ــ القــوة الكهربامغناطيســية ، كالتي بــين الالكترونات والنواة في الذرة ؛

٣ ــ القوة القوية ، المسؤولة عن بناء نواة الذرة (أي تماسك البروتونات والنيوترونات مع بعضها في النواة) ، وتنوع العناصر الكيمياوية ؛ وهــي المسؤولة ايضا عن اطــلاق الطاقة في الأنشطار النووي والاندماج النووي ؛

٤ ــ القوة الضعيفة ، المسؤولة عن تفســخ بيتا للنوى المشعة ، وهي التي تنظم تكون العناصر داخل الشمس عبر التفسخ الأشعاعي .

ولكن لماذا اربع قوى ؟

كان الفلاسفة الاقدمون ، والعلماء الأختصاصيون فيما بعد ، يسعون لأرجاع جميع احداث الطبيعة الى قوى اساسية قليلة • وعلى هذا المنوال بذلت المساعي الكبيرة بشكل متكرر لايجاد وحدة اعمق بين تلك القوى، بالرغم من الفروق الكبيرة بينها • وفي عام ١٩٧٩ حصل ثلاثة من الفيزياويين النظريين (گلاشـــو وعبد السلام واينبرغ) على جائزة نوبل للفيزياء على نظريتهم الموحدة للتفاعل الكهربامغناطيسي والتفاعل الضعيف (سمي بـ « التفاعل الكهربائي ـــ الضعيف ») • ويذهب بعض الفيزياويين الى ان القوة الكهربائية ـــ الضعيفة والقوة القوية تتحدان مع بعضهما في طاقات عالية جدا (درجة حرارة ١٠^٢٨ مطلقة) • وتتنبأ النظرية الموحدة الموسعة بأن البروتون ليس بالدقيقة المستقرة ، كما اعتقد حتى الآن ، انما يتفسخ بعمر نصفي قدرة ١٠^٣٢ سنة ! فأن تحقق هذا التنبؤ النظري تجريباً لكان ذلك برهاناً على قرابة القوى الثلاث المذكورة مع بعضها • وتفيد بعض

التقارير الأخيرة ان تفسخ البروتون قد اكتشف فعلا مختبرياً • واخيرا يجب ان تضم عملية التوحيد قوة الجاذبية ايضا • فأن تم ذلك فأنه يعني ان فعل القوى الأربع العاملة في الطبيعة ، المعروفـــة حتى الآن ، كلها تعبير عن خاصية واحدة اساسية للمادة •

لا يمكن ، ولا يجوز ، تصـــور الدقائق الأولية كحبات قد تجمع أو ترص لتكون وحدات اكبر ، كما ترص مثلا بلورات السكر الصغيرة لتكون قطعة السكر، أو كما تجبل دقائق التراب لتكون لبنة (طابوقة) • فالدقيقة الأولية تفقد هويتها عند بناء وحدة اكبر • ويصح هذا بدرجة اعلى كلما ازدادت طاقة الربط • فأننا نستطيع مثلا ان نتعرف على الذرات في الجزيء ، أو ان نغير ترتيبها ، بسهولة نســـبياً ؛ وهذا ما يجري في الكيمياء • ولكن تغيير ترتيب النيوكليونات في نواة الذرة يستلزم (أو يطلق) طاقات اعلى من ذلك بكثير • والفروق بين نواتج التفاعل كبيرة ايضاً • وتنعكس

هذه الخصوصية في ان نظرية الدقائق الأولية نظرية كوانتية ، أو انها تحتوي هذه في طياتها كحالة خاصة .

التعميمات الفلسفية للذرية الفيزياوية

اذا تفحصنا الصراع الذي دار حول الذرية منذ تأسيسها ، ودام ما يقارب الفين ونصف من السنين ، لوجدناه في الحقيقة صراعاً بين المادية والمثالية . فقد كان الجدال الفلسفي يدور منذ العصر القديم حول ما اذا كانت الجسيمات الأولية المفترضة (الذرات) هي جسيمات مادية أم فكرية ؛ وهل ان تلك الجسيمات الأولية هي « الاحجار » الاخيرة النهائية التي لا تتجزأ للمادة ، أم انها لا تصح كذلك الا في افق من المعرفة محدد تاريخيا ؟ .هنا يتضح الاتصال الوثيق بين جدلية عملية المعرفة وجدلية الطبيعة (في مسألة الذرية) .

تشترك الذرية اليونانية التي تكون فيها الذرات جسيمات نهائية اخـيرة غير قابلة للتجزئة ، والذريـة

الميكانيكية في القرنين السابع عشر والثامن عشر القائلة بأن جميع الاجسام تتألف من دقائق مادية ، في فكرة « الأولية » ، حيث « الأولي » لا يمكن تجزئته • وقد ارتبطت في المادية الميكانيكية خاصية « الأولية » بخاصية عدم الحيازة على البنية (اللابنيانية) • وكانت البنية تفهم فهماً ستاتيكياً جامدا ، اذ تعتبر البنى علاقات لا متغايرة (ثابتة) بين اجسام لا تتغير فما كان ذا بنية حسب هذا الفهم ، امكن تجزئته مبدئيا • وبالتالي كانت الاولية والبنيانية (الحيازة على بنية) نقيضين لا يأتلقان •

اذا نظرنا الى تطور الفيزياء تاريخيا ، تبينت لنا فائدة الافكار الذرية دون ريب • ولكن تتبين لنا ايضا في نفس الوقت ضـــرورة الكف عن التفكير بوجـــود مكونات نهائية اخيرة غير قابلة للتجزئة للاجسام المادية • فجميع المعارف التي احرزناها عن بنية المادة تحمل طابعاً نسبياً ، ولكل مستوى من بنية المادة عرف في احدى

مراحل تطور العالم اكتشف بعده مستوى اوطأ ينتفي فيه اعتبار « ذرات » المستوى الاعلى « اولية » بالمعنى الأصلي للكلمة • ومن نسبية معرفتنا عن بنية المادة في كل مرحلة يجب استنتاج نسبية « الأولية » لأكثر الجسيمات « اولية » •

كان تصور وجود دقيقة مفردة طليقة لا تتفاعل امرا معتادا في الفيزياء الكلاسيكية ، وممكنا في الفيزياء الكوانتية غير النسبية • ولكن ذلك يصبح تجريدا غير مشروع في فيزياء الطاقة العالية (نظرية المجال الكوانتية النسبية) • فالدقائق في هذه النظرية تتفاعل دائما مع

مجالات الفراغ، حيث تطلق دقائق« كامنة virtual

وتمتصها ، فتتكون حول كل دقيقة « سحابة » من دقائق « كامنة » (ضمن حدود علاقة اللادقة الكوانتية للموضع والزخم) • و « السحابة » هي نتيجة معدل زمني لعدد هائل من عمليات مفردة ذات مدد قصيرة جدا

تجري بالتوافق مع القوانين الاحصائية للنظرية الكوانتية، وبهذا تصبح فكرة البنية الستاتيكية (الجامدة) في فيزياء الطاقة العالية غير صالحة • فأولية الشيء لا تستبعد بنيانيته في هذه النظرية ، ولهذا فأولية الدقيقة يجب ان لا تساوى بفقدانها للبنية •

يمكن التعبير عن نسبية « الأولية » ايضاً بربط مفهوم الأولية (بمعناه التقليدي الذي يستبعد البنية) بفاصلة طاقة معنية • ففي الفيزياء الذرية (في فاصلة الطاقة التي تمتد من بضعة الكترون فولت الى بضعة كيلو الكترون فولت) يمكن اعتبار نواة الذرة والالكترونات المحيطة بها كجسيمات اولية بالمعنى التقليدي • وفي الفيزياء النووية (في فاصلة الطاقة الممتدة من بضعة كيلو الكترون فولت الى بضع مئات من ملايين الألكترون فولت) تعتبر البروتونات والنيوترونات « دقائق اولية » • اما في فيزياء الطاقة العالية (في طاقات تزيد على بضع مئات من ملايين

الألكترون فولت) فيجب الحذر والتريث عند استعمال مفهوم « الدقائق الأولية » •

استنادا الى الصورة المعقــدة لعمليات التحول المتنوعة لـ « الدقائق الأولية » لا يمكن الابقاء على فكرة ان هذه الدقائق هي الأحجار الاساسية لكل الاجسام المادية • فلو كان الامر كذلك لكانت تلك الدقائق ثابتة غير متبدلة ، ولا تتألف من مكونات اخرى • ولكنهــا في الواقــع لاتحـــوز علــى خاصيـــة « عــدم التبدل » ابـــدا • وهنــا ينشأ الســؤال التالي : ألا يمكن ان تتألف هذه « الدقائق الأولية » من مكونات اكثر اولية ؟

لايقدم يفسخ الدقائق غير المستقرة لنا دليلا على امكان تجزئتها أو بنائها مــن اجزاء اكثر اولية • فمن بين نواتج التفسخ توجد دائما دقائق كتلتها تقارن بكتلة الدقيقة المتفسخة • ولذلك من الخطأ اعتبار نواتج التفسخ مكونات للدقيقة المتفسخة • و « الدقائق الأولية » لا

يمكن وصــفها الا بكونها جسيمات فيزياوية اوليــة نسبياً ، تساهم ككل في عمليات التفاعل ونسبية الأولية في هذه المرحلة من كشف بنية المادة تستحق مواصلة الدراسة لكي تصاغ بشكل ادق ، فالعدد الكبير من الدقائق الأولية يجعــل من الصعب القبــول باعبارها « اولية » بالمعنى التقليدي •

ان عدم امكان عزل الكواركات كدقائق طليقة وارتباطها دائماً مع بعضها في الدقيقــة (الباربون او الميزون) يدفع الى وجــوب الكف عن مطلب قابلية تجزئة الدقائق المرصودة ، دون هجر فكرة انها تتألف من مكونات • فأذا فهم موديل الكوارك بهذا الشكل ؛ توفر لنا شكل جديد من الذرية الفيزياوية التي تسمح بوجود احجار اساسية للأجسام المادية ، ولكنها تمنع عزل تلك الأحجار • وهذا ما يذكرنا بأبيقور الذي كان يفرق ما بين قابلية التجزئة الفيزياوية والرياضية • فما

كان قابلا للتجزئة رياضياً ، ليس من الضروري ان يكون قابلا للتجزئة فيزياوياً •

النجاحات التجريبية والنظرية لفكرة الكوارك جعلت غالبية المختصين تعتقد بفائدة الذرية حتى في مستوى الجسيمات الميكروسكوبية التي كانت تسمى في السابق « دقائق اولية » ؛ واصبحت الكواركات تصنف مع ما يسمى بـ « الدقائق الأساسية » التي يعتقد بأمكان بناء جميع الدقائق المعروفة منها • وفي الدقائق الأساسية هذه نستطيع ان نرى « نسبية » اولية الجسيمات ؛ وتبرز للعيان في نفس الوقت فكرة عن « الأولية » تزداد تعقيدا • وكما تبين لنا جدلية المعرفة تعتبر الأنواع التالية من الدقائق اولية أو اولية نسبياً : دقائق توجد طليقة (اللبتونات : الالكترونات والنيوترينوات) ، ودقائق اخرى « كامنة » تساهم في عمليات التفاعل ، أي انها مكونة للعملية (كوانتات التبادل) ، ودقائق ثالثة لا توجد الا في حالة مرتبطة (الكوارك) • وتعقد فكرة

« الدقيقة الأولية » هذه قد يشير الى ضيق فكرة الذرية في المستوى الأدنى من بنية المادة • وعلى هذا ينشأ السؤال التالي : اعتمادا على المعارف الراهنة في فيزياء الطاقة العالية ، هل يمكن التفكير بوجود احجار اساسية فيزياوية اخيرة للأجسام المادية ؟ كما يطرح مستوى البنية المادية للدقائق الأساسية المعروفة الآن اسئلة عديدة ليس لها في الوقت الراهن حل ، لا تجربي ولا نظري •

هل هناك بديل عن الذرية ؟

بالرغم من ان الفكرة الذرية في فيزياء الدقائق الاولية قد اثبتت فائدتها حتى الآن ، توجد اسباب فيزياوية وفلسفية تدعو الى عدم اغفال بدائل هذه الفكرة اغفالا تاماً • ففي فيزياء الدقائق الأولية تلعب التناظرات دورا كبيرا • اذن ماذا سيكون الحال مثلا لو استعيض عن الدقائق الأولية بتناظرات المجال الموحد أو لا تناظراته ؟

لم يؤد أي من البدائل التي اقترحت الآن لاحلالها محل الذرية الى أي نجاح فيزياوي يذكر • ولكن لبس هناك أي سبب يدعو الى نبذ أي واحد منها باعتباره غير صحيح • اما نفع تلك البدائل أو عدم نفعها فلا يستطيع الحكم به الا البحث الفيزياوي • ولهذا يترتب على البحث الفلسفي ايضا ازالة العوائق التي تقف امام أي جهد علمي يستهدف الكشف عن العالم الفيزياوي الأصغر ، سواء كان ذلك معتمدا على الفكرة الذرية او بديلا عنها •

خلال تطور فيزياء الدقائق الأولية اصبحت فكرة الذرية اكثر دقة • فعلى مستوى « الدقائق الأولية » اتضحت نسبية اولية هذه الجسيمات بحيث اصبحت « الأولية » و « البنيانية » خاصتين مترافقتين • وعلى مستوى « الدقائق الأساسية » اعتبرت اشد الجسيمات اولية كمكونات يظهر وجودها في الدقائق في حالات مرتبطة دائماً • وهجرت في فيزياء الطاقة العالية

الأفكار الذرية الميتافيزيقية القائلة بأن « الأولي » يوجد بذاته . واعتمادا على كل ماسبق ينبغي على فكـــرة الذرية ، لكي تكون مجدية لفيزياء الدقائق الأولية ان تأخذ بنظر الأعتبار المعارف المحرزة عن جدلية الأوليـــة والبنيانية ، والبنية والعملية ، والجـزء والكـــل ، والاتصال والتقطع ، والمصادفة والضرورة .

القسم الرابع

الفيزياء في الصراعات الفكرية والاجتماعية

الفيزياء وفلسفة الطبيعة الغربية المعاصرة

« فلسفة العلم » الوضعية

« فلسفة العلم » الوضعية (تسمى احياناً «الفلسفة التحليلية ») اتجاه فلسفي قديم الجذور ـــ ذاتي ، في الفلسفة الغربية المعاصرة نشأ وتبلور في بداية القـــرن العشرين ، ثم تحور بأشكال مختلفة .وتكمن خصوصية هذه الفلسفة في انها تقتصر في مسائل العلم الفلسفيـــة على التحليل البنيوي للمعارف العلمية الأختصاصية .

الموضوعة الأساسية لفلسفة العلم الوضعيـــة هي ان الفلسفة لاتستطيع ان تقدم مقولات عن العالــــم وعلاقة الناس به ، وتذهب الى ان تقديم مقولات عــن الأشياء (العالم ، المعطيات ، الخبر الواقعية) هو مــن واجب ماتسميه بـ « العلوم التجريبية » وحدها ، وان الفلسفة التي تتصف بالعلمية لاتستطيع ــ كما تدعي ــ الا تحليل مقولات تلك العلوم بأدوات مايسمى بـ «علوم البنية» • وكانت تلك الفلسفة تستخدم في البدايـــة وسائل المنطق الرياضي (الرمزي) لتحليل لغة العلم ، واخذت بعد ذلك تستخدم تكنيكات اخرى بتطــور علوم بنيوية جديدة يمكن بواسطتها تحليل المعرفـــة العلميـــة •

لاشك ان التحليل العلمي البنيوي للمعرفة العلمية الأختصاصية يقوم بوظيفة مهمة في البحث في العلــم • وهذا التحليل شرط ضروري للتعليمات النظرية العلمية ولكن « فلسفة العلم » الوضعية تحصر البحث الفلسفي

بخصوص العلم بالتحليل الشكلي المذكور ، وتساوي ذلك التحليل بالفلسفة ، اي تعتبره هـــو الفلسفــة وكفى •

بالرغم من ان جذور الفلسفة الوضعية تمتد الى ماقبل القرن التاسع عشر (هيوم ، بركلي) الا انهـــا تبلورت في العصر الحديث على يد الفيلسوف الفرنسي اوگست كونت A. Comte (١٧٩٨ ــ ١٨٥٧) الذي حاول اختزال المعرفة الى المعطيات (الأيجابية) • امــا السؤال عن جوهر المعطى وسببه فيجب ، حسب رأيه ، نبذه من الفلسفة باعتباره شيئاً غير مثمر • واتخــذت الفلسفة الوضعية على يد ماخ Mach (١٨٣٨ ــ ١٩١٦) وغيره شكل « النقدية التجريبية » التي ترى ان واجب الفلسفة ينحصر في « تحليل الأحساسات » • فقد انكر ماخ امكانية كشف القوانين العامة للطبيعة والمجتمع ، وذهب الى ان المعرفة هي ترابط الأحساسات والتصورات

وان الأحساسات هي «عناصر العالم» وان «الأحساسات ليست صورا للأشياء ، انما الشيء هو صورة ذهنية لمركب احساسي يتمتع باستقرار نسبي • ليست الأشياء (الأجسام) ، انما الألوان والأصوات والضغوط والفضاءات والأزمنة (ماندعوه عادة بالمحسوسات) هي في الواقع عناصر العالم » • وتعتبر النقدية التجريبية مفاهيم فلسفية مثل السببية والضرورة « مجرد صور فكرية » نشأت عن التعود على هذا النوع من التفكير •

الشكل الثالث للفلسفة الوضعية هو الوضعية الجديدة او « الوضعية المنطقية » ، جوهر فلسفة العلم الوضعية • فقد حاولت « الواقعية الجديدة » ربط فكرة « الواقعية » الفلسفية ببعض نتائج المنطق الرياضي الحديث ، اذ واصل برتراند رسل (١٨٧٢ — ١٩٧٠) والفريد وايتهيد (١٨٦١ — ١٩٤٧) عمل فريگه G. Frege (١٨٤٨ — ١٩٢٥) ، وساهما مساهمة

هامة في تطوير المنطق الحديث ، وعالجا في نفس الوقت مسائل فلسفة العلم على اساس الوافعية الجديدة • فعي مؤلفهما « الأسس الرياضية » (١٩١٠ — ١٩١٣) حاولا تقديم برهان على الموضوعة القائلة بأن الرياضيات يمكن ان ترجع كلياً الى المنطق • وذهب رسل الى ان الأشياء المادية تركيبات منطقية استمدت من معطيات الحس الواقعية والممكنة ، وان الفلسفة الخالصة ستسير على نفس الطريق الذي سارت عليه الرياضيات• واستنتج ، اعتمادا على تطور المنطق الرياضي ،ان المنطق قد ابعد مسألة العالم المادي عن ميدان الفلسفة (معرفتنا عن العالم الخارجي — ١٩٢٦) • وبهذا لم يقتصر على ارجاع الرياضيات وحدها الى المنطق ، وانما الفلسفة ايضاً • وذهب الى ان واجب الفلسفة هو تحليل لغة العلم بمساعدة المنطق الحديث ، وعليها استبعاد جميع المقولات والأصطلاحات « الميتافيزيقية » اي تلك الأحكام والمفاهيم التي تتضمن تعميمات

المعارف الموضوعية عن العالم • وبهذا اسس الموضوعة الرئيسية لفلسفة العلم الوضعية •

اتخذت « الوضعية الجديدة » في مابعد الحرب العالمية الأولى وبداية العشرينات شكل « الذرية المنطقية » التي ساوت بين بنية العالم وبنية المنطق الرياضي • فقد ذهب رسل ووايتهيد الى ان العالم يتألف من احداث ذرية ، وتتميز هذه الأحداث بأنها تقابل مباشرة قضايا اولية منطقية ترتبط بمعطيات الحس • وذهب رسل الى انه لاتوجد مادة ولاروح ، انما توجد معطيات حسية مفردة فقط ، ترتبط ببعضها ارتباطاً منطقياً ، وتؤلف « الواقعي الوحيد » •

خلق فتگنشتاين L. Wittgenstein (١٨٨٩ — ١٩٥١) في كتابه « رسالة منطقية فلسفة » (١٩٢١) الشروط الضرورية لبناء « فلسفة العلم » الوضعية بناء كاملا (بشكل « التجريبية المنطقية » في

البداية). فذهب الى ان العالم يتألف من احداث بسيطة لا يعتمد احدها على الآخر بأية وسيلة ؛ وان اللغة ،وهي واسطة لتصوير الاحداث ونقل الافكار،لابدان تكون شبيهة في بنيتها لما تصوره ، وان اساس العلم « جمل » اولية تكتسب « بالخبرة » وتفحص « بالوقائع » . وقد عرف رسل هذه « الوقائع » في مقدمته لـ « رسالة » فتگنشتاين بأنها « ما يجعل الجمل صحيحة أو خطأ » ؛ وبهذا ابان الاساس المثالي ـــ الذاتي لتلك الفكرة الفلسفية . وكان فتگنشتاين يرى ان « مجموع الجمل الصحيحة ... هو مجموع علوم الطبيعة . والفلسفة ليست من علوم الطبيعة ؛ وهدفها توضيح الأفكار توضيحاً منطقياً . الفلسفة ليست علماً ، انما هي ممارسة ؛ ونتيجة العمل الفلسفي ليست جملا فلسفية ، انما توضيح الجمل » (٥٥) . وكان يرى ان المنطق والرياضيات علمان صحيحان صحة خالية من الفحوى ، أي انهما لا يقولان شيئاً عن الواقع . ولكن

في ذلك اغفالا لحقيقة ان الرياضيات والمنطق يعكسان العلاقات العامة بين الاشياء الحقيقية واصنافها بشكل بالغ التجريد والتعقيد •

تعتبر الفلسفة الوضعية ، ولاسيما الشكل الحديث منها ، الوضعية المنطقية أو التجريبية المنطقية ، من اكثر التيارات الفلسفة نفوذا في العالم الرأسمالي ، ومن اكثرها عداء للأيديولوجيا الاشتراكية والفلسفة العلمية • وهي تحاول الظهور بالمظهر العلمي ، والحياد ازاء الصراعات الأجتماعية ، رغم عدائها للعلم والأشتراكية ؛ وتعرقل نفاذ الفلسفة العلمية الى العلوم الأختصاصية ، وتمنع تبني علماء الطبيعة في تفكيرهم للفلسفة العلمية وهي تعبر عن صفتها المعادية للعلم بأصرارها على البقاء في المستوى التجريبي ورفض التعميمات النظرية وفصل الاشياء والظواهر من علاقتها التاريخية وارتباطاتها ببعضها والنظر اليها باعتبارها اشياء وظواهر منفردة • وكلمة كارناب « ليس في العلم عمق ، انما هو سطح

فقط » تعبر عن هذا الاتجاه تعبيرا مركزا واضحاً .
فالوضعية لا تعترف بوجود حقائق وراء الظواهر ،
وترمي الى البقاء في مستوى الظواهر السطحية للعمليات
الطبيعية والأجتماعية ، دون الغوص الى اسبابها
وارتباطاتها وقوانينها .

الفيزيائية

من اهم اهداف التجريبية المنطقية بناء العلم على
نموذج الفيزياء الرياضية . ولكن هذه الأمثولة المبتغاة
في « علم موحد » لم يكن يقصد بها عكس وحدة العالم
المادية عكساً مناسباً ، انما الوحدة الشكلية للعلوم على
اساس المنطق الرمزي فقط . فتبعاً « للفيزيائية » لا
تتمايز العلوم المختلفة عن بعضها بسبب انطوائها على
مواضيع مختلفة ناشئة عن ترابطات مختلفة في الواقع
الموضوعي ، انما بسبب استخدامها « لغات علمية »
مختلفة ، وان هذه اللغات العلمية المختلفة يمكن ان تترجم

الى لغة علم واحد هو الفيزياء • فالفيزيائية هي القول بأمكان اختزال جميع المفاهيم العلمية الى مفاهيم اللغة الفيزيائية ، أو امكان ترجمة اية مقولة علمية الى مقولات اللغة الموحدة الفيزيائية •

تتخلص موضوعات الفيزيائية في ما يلي :

١ ـ ان مواضيع البحث في جميع العلوم الأختصاصية ـ عدا الرياضيات والمنطق ـ هي من نوع واحد ، ويمكن دراستها بطريقة واحدة : حقائق أو احداث في المتصل الفضازماني يمكن رصدها •

٢ ـ الحقائق المفردة تقدم مباشرة كأحساسات متقطعة ، يعبر عنها بـ « جمل تقريرية » • وهذه الجمل التقريرية تصاغ في « اللغة التقريرية » بدون تكوين مفاهيم أو تعميمات نظرية • وكل انسان يمارس عملية المعرفة يستعمل لغته الخاصة •

٣ ـ تشتق من الجمل التقريرية جمل علمية ، تصاغ في اللغات الأختصاصية للعلوم المفردة •

٤ ـ كل علم يستعمل لغة خاصة به ، مما يجعل التفاهم بين العلوم صعباً .

٥ ـ تمتاز لغة الفيزياء على لغات جميع العلوم الأخرى بكونها لغة عامة تصلح لمختلف العلوم . فكل مفهوم علمي اختصاصي يمكن ارجاعه الى مفاهيم اللغة الفيزياوية ، وكل جملة علمية اختصاصية يمكن ترجمتها الى جملة أو اكثر في اللغة الموحدة الفيزيائية .

٦ ـ يصبح «التحقق» من الجمل العلميةممكنا بعد صياغتها في جمل فيزيائية . وتؤلف الجمل العلمية في مجموعها نظام « العلم الموحد » حيث تزول فيه الخطوط الفاصلة بين العلوم المختلفة . وكل المقولات والفرضيات والنظريات التي لا يمكن ادخالها في نظام « اللغة الموحدة » أو « العلم الموحد » تعتبر اما خطأ أو « ميتافيزيقية » « غير ذات معنى » ـ كما تنعتها الوضعية الجديدة .

غير ان محاولة ارجاع جميع المفاهيم العلمية الى عدد قليل من « المفاهيم الأساسية » الفيزياوية بطريقة تعريفية ، محاولة عقيمة هجرها كارناب نفسه ، وصاغ الخطة التالية كمنهاج للبحث : يمكن اختزال مفاهيم الكيمياء الى مفاهيم الفيزياء ، ومفاهيم البيولوجيا الى مفاهيم الكيمياء والفيزياء ، ومفاهيم علم النفس الى مفاهيم البيولوجيا والفيزياء ، ومفاهيم علم الاجتماع الى مفاهيم علم النفس والبيولوجيا والفيزياء • ويجب الأنتباه هنا الى ان « المفهوم » لا تعتبره « الوضعية الفيزيائية » انعكاساً فكرياً معمما لأشياء وحقائق موضوعية ، انما هو مجرد « كلمة » يعبر بها عن مجموعة اشياء أو حقائق أو احداث •

و «المفرد » (شيء أو حقيقة) هو بالنسبة للفيزيائية مجموع خواصه • وهذا غير صحيح فحتى لو امكننا معرفة جميع خواص الشيء (وهذا غير ممكن في الواقع) فلا يمكن لمجموع الخواص استيعاب جوهر الشيء،لان

معرفة جوهر الشيء تستوجب معرفة علاقاته بالأشياء الأخرى ، وخواصه التي تميزه عنها •

بأرجاع جميع المفاهيم العلمية الى مفاهيم فيزياوية تثبت «سيما نطيقيا» أي بتحليل معاني الكلمات ، حيث لا يؤخذ بنظر الاعتبار الا معايير فيزياوية قابلة للقياس كمياً ، تلتقي الوضعية الفيزيائية بـ « الميكانيكية » ، فهنا تضمحل وتختفي جميع الأختلافات النوعية لاشكال وجود المادة •

فكرة الفيزيائية في امكان اختزال جميع مفاهيم العلوم المفردة الىمفاهيماللغةالفيزيائية محاولة أريد بها: (١)تحويل المسألة الفلسفية والعلمية بخصوص وحدة العلم الى مسألة الى مستوى لغوي علمية « داخلية » ، وحلها على اساس علم مفرد ؛ و (٢) نقل تلك المسألة الى مستوى لغوي صرف، وبهذا تجنب مسألة موضوعية العالم الخارجي ، ووحدته المادية ، وصفته الجدلية • وقد تبين عمليا ان هذه الاهداف ناتجة عن توجه غير

صحيح مارس تأثيرا معرقلا على عملية تحقيق وحدة العلم الحقيقة •

الاصطلاحية conventionalism

الأصطلاحية تيار فلسفي مثالي ـ ذاتي ، يذهب الى ان المفاهيم والقوانين والمباديء والنظريات والفرضيات العلمية هي في الغالب ، أو على الأقل جزئياً ، مجرد اصطلاحات يتفق عليها العلماء اتفاقاً حرا كيفياً • وتبعا لذلك لا يتعين اختيار المفاهيم والقوانين الأساسية لأي حقل من حقول العلم بالشيء الموضوعي المدروس نفسه ، انما باعتبارات ذاتية كالسهولة والمنفعة والبساطة والايفاء بالغرض •

يعتبر الرياضي الفيزياوي الفرنسي بوانكاريه H. Poincaré (١٨٥٤ ـ ١٩١٢) مؤسساً **للاصطلاحية • وكانت نقطة انطلاقه في هذا الإتجاه** حقيقة ان نظرية ماكسويل للمجال الكهربامغناطيسي لا يمكن ان تختزل الى تصورات ميكانيكية مباشرة ، انما

ترتبط بتلك التصورات عن طريق تأويلات عديدة .
فذهب الى ان الفرضيات والمفاهيم والافكار الاساسية في الفيزياء النظرية والرياضيات ليست انعكاساً لمعطيات واقعية موضوعية ، انما هي اصطلاحات واتفاقات تثبت من اجل ترتيب الخبرة العملية ترتيباً « مريحا » يفي بالفرض . وقد استنتج من « ازمة الفيزياء » التي انبثقت في نهاية القرن التاسع عشر ، و « الأنهيار العام للمباديء » الفيزياوية ، استنتاجات مثالية ذاتية . ونشأت عن اسلوب التفكير هذا افكار لا ادرية : فالعلم تبعاً لذلك لا يستطيع معرفة الطبيعة الحقيقية للاشياء ، أي جوهر ظواهر الطبيعة كالحرارة والضوء والكهربائية وغيرها .

اصبحت الأصطلاحية منذ ذلك الحين تعود للظهور ، لا في التحليل الفلسفي للرياضيات وعلوم الطبيعة النظرية وحدها ، انما للعلوم الأخرى ايضاً ، خاصة المنطق وعلم اللغة . فاعتمادا على واقع ان بعض الحقائق يمكن وصفها بواسطة هندسات مختلفة

(اقليدية ولا اقليدية) على السواء ، ولغات مختلفة ، يستنتج هؤلاء الموضوعة القائلة بأن كل معرفة علمية تعتمد بالاساس على اصطلاحات يتفق عليها . وغالباً ما نجد عناصر من الأصطلاحية في التيارات الفلسفية البرجوازية المتأخرة ، كما في الوضعية الجديدة والبراكماتية والأجرائية . ويذهب بعض الاصطلاحيين الى أن جميع احكامنا لاتتحدد بشكل واضح بواسطة معطيات الخبرة العملية وحدها ، انما تعتمد ايضا على جهاز المفاهيم الذي اخترناه . فباختيار جهاز آخر من المفاهيم يمكن ان تتغير صورة العالم التي لدينا بأجمعها .

وتستند الأصطلاحية على حقيقة ان المعادلات الرياضية يمكن ان تفسرتغيرات علمية نظرية مختلفة ، فتستنتج من ذلك ان النظرية العلمية لا تعدو عن كونها مجردبنية منطقية ليست لها صلة بالواقع الموضوعي . ولكن الاصطلاحية بهذا المنحى لا تستطيع ان تفسر تطور العلم والنظريات العلمية ، ولا الصلة القائمة

بين العلوم على اساس ان لها هدفاً مشتركاً ، هو معرفة العالم المـــادي ٠

تصطدم الاصطلاحية بعدد من القوانين الاساسية الموثوقة لنظرية المعرفة العلمية ٠ فالاصطلاحية تتجه كلياً أو في الغالب الى الصفة « الإداتية » للمفاهيم والمبادىء العلمية ، وتهمل صفتها العكسية التصويرية او تنكرها ٠ وهي لا تعترف بالصفة التقريبية للعكس العلمي للواقع الموضوعي ، أو تعتبره خطأً ، لأنها لا تعتبر التقريـــب وحدة جدلية من التماثل والخلاف ٠ وهي تفصل بطريقة ميتافيزيقية الشكل عن المحتوى ، والمنطقي عن التجريبي، وتنظر الى الجانبين باستقلالهما عن بعضهما ، وتهمل التمييز بين العناصر الاصطلاحية وغير الاصطلاحية عند تحليل الحقول العلمية ، وبهذا ترفض النظرية في تعقد العلاقات وتعددها بين النظرية والتجريب ، كما تبخس من قيمة تأثير المعطيات التجريبية في بناء الجهاز النظري ، وتغالي في تقييم الاصطلاحات ، وبهذا تخطيء في تقدير

اهميتها الحقيقية .

الاجرائية **Opertionalism**

الأجرائية تيار فلسفي مثالي ـ ذاتي معاصر ، اسسه وطوره الفيزياوي الامريكي بريجمان (١٨٨٢ ـ ١٩٦١) (منطق P.W. Bridgeman الفيزياء الحديثة ـ ١٩٢٧) ، ويتألف من عناصر من الوضعية المنطقية والبراگماتية ، ويذهب الى ان المفاهيم والمقولات العلمية لاتحوز على معنى الا اذا استندت على عمليات فيزياوية (كالقياسات مثلا) ، أو إن أي منهوم لا يمكن تحديد معناه الا بواسطة « الأجراءات » التي تستخدم لاختباره . اما المفاهيم التي لاتحدد بالأجراءات فتعتبر « خالية من المعنى » . وهكذا تنكر الأجرائية موضوعية محتوى « المفهوم » .

وقد يحوز المفهوم الواحد تبعاً للأجرائية على معان مختلفة ، مادام يتعلق بعمليات فيزياوية مختلفة مستقلة

عن بعضها . مثال ذلك : في قولنا « درجة الحرارة اليوم ٢٥° » و « درجة الحرارة داخل النجمة مليون درجة » يحوز مفهوم « درجة الحرارة » معنيين مختلفين تماماً ، لأن العمليتين الفيزياويتين اللازمتين لقياس درجة الحرارة في الحالتين تختلفان عن بعضهما اختلافاً كلياً .

« الأجراءات » التي يعنيها هذا التيار الفلسفي الذي ينعته اصحابه ، أو يريدون له ان يكون ، « فلسفة علم الطبيعة » هي اما براگماتية أو « فكرية » أو « لفظية » . وبجمع المفاهيم المحددة اجرائيا تتكون الجمل ، وبجمع هذه الجمل تتكون النظرية — على رأي الأجرائيين .

تشترك الأجرائية مع جميع التيارات الفلسفية الوضعية في انها تستعيض عن البحث في جوهر الأشياء بالبحث في العمليات الواجب اجراؤها لتحديد المفاهيم ، أي انها تستعيض عن سؤال « ماذا ؟ » بسؤال « كيف ؟ » ، وترفع ذلك الى مصاف مبدأ فلسفي .

وبهذا تتجنب المسألة الاساسية في الفلسفة . فاذا كنا لا ندرك من المفاهيم الا الأجراءات اللازمة لتحديدها ، يصبح ادراك الأشـياء نفسها بالاستقلال عن تلـك الاجراءات امرا لا معنى له . وبهـذا تهمل الحقيقة الموضوعية تماماً ، لأن الحقيقة تبعاً للأجرائية لا تعني سوى التحقق من مقولات معينة . وهنا يجري خلط بين محتوى المعرفة واسلوب التحقيق منها . غـير ان التحقيق أو البرهان ليس مساوياً لمحتوى المعرفة ، انما هو عملية تثبت بواسطتها الحقيقة الموضوعية للمعرفة . فمقولة واحدة ، ذات محتوى موضوعي واحد ، يمكن التحقق منها ، أو البرهان عليها ، بطرق مختلفة ، مع عدم تغير محتوى تلك المقولة . وليس في هذا انتقاص من اهمية البرهان والتحقـق من المقولات في عمليـة المعرفة ، ولكن يجب التفريق دائماً بين الحقيقة واسلوب التحقق منها أو برهنتهـا .

علم الطبيعة والمجتمع

الطبيعة والمجتمع

نشأ العلم والتكنيك من النشاط الأنتاجي ، من عمل الأنسان ، وتبادله مع الطبيعة . وقد كان التقدم العلمي والتكنيكي يرتبط منذ القدم ارتباطاً وثيقاً بالتقدم الأجتماعي . ويبين تطور العلم والتكنيك في البلدان الأشتراكية بصورة واضحة في الوقت الراهن انه لايمكن الأستفادة من النتائج العلمية والأنجازات التكنيكية استفادة تامة موجهة لخير الشعب الا عند الأقتصار على استخدامها من اجل صالح المجتمع ،وعدم استخدامها لأغراض الربح والحرب الأمبريالية . فنمو الأنتاج في الأشتراكية ليس هدفاً قائماً بذاته ، وليس وسيلة لتحقيق المزيد من الأرباح ، انما هو جزء من التطور الأجتماعي ، وهدفه المركزي : رفاه الشعب واشباع الحاجات المتنامية لكل فرد .

يوجد بين التقدم العلمي ــ التكنيكي والتقــدم الأجتماعي علاقة متبادلة وثيقة • غير ان هذه الرابطــة ليست مباشرة آنية ، انما تتوسط بين الأثنين حلقــات عديدة • فالتقدم العلمي ــ التكنيكي لايسحب وراءه التقدم الأجتماعي بشكل اوتوماتيكي ، وانجازات العلم والتكنيك لاتستطيــع وحدهــا ان تحــل المشاكــل والتناقضات الأجتماعية في النظامالاجتماعي الغربــي السائد ، ولاتلغي الصراع الطبقي او تجعله ثانويــاً • وهي في نفس الوقت ليست سبباً لبعض الظواهــــر والخصومات الأجتماعية ــ كما يزعم العديد من المفكرين الغربيين كاعتبار التقــدم العلمي ــ التكنيكي سببــاً للبطالة مثلا • ومن الجهة الأخرى يتضح ان المزايا التي يأتي بها النظام العلمي الاجتماعي لتطوير العلم والتكنيك لاتصبح فعالة بشكل اوتوماتيكي •

يزداد اهتمام العلم بالعلاقات الراهنة بين الأنســان والطبيعة ، الظروف الطبيعية للوجــود والتطــــور

الأجتماعي • فقد وصلت البشرية الآن الى مرحلة من التفاعل المتبادل مع الطبيعة بحيث اصبح من الواجب ان تحسب جميع الموارد والظروف في كوكبنا • فاستعمال الثروات الطبيعية التي لايمكن استعادتها (كالنفط مثلا) تزداد زيادة هائلة كل سنة ـــ اذ يخشى ان استهلاك موارد الطاقة الطبيعية سيكون في الثلاثين سنة الأخيرة من هذا القرن (١٩٧٠ ـــ ٢٠٠٠) اعلى من استهلاكها منذ عام ١ حتى عام ١٩٧٠ اما موازنة الموارد الطبيعية التي تستعاد فتعاني تغيرا بصورة واضحة ـــ فمن ٣٠٠٠ كيلومتر مكعب من الماء مثلا تؤخذ كل سنة من الأنهار للري والصناعة والأحتياجات العامة ، يعود اكثر من ١٠٠٠ كيلو متر مكعب بحالة ملوثة سيئة جدا الى الأنهار • كل ذلك يدعو الى التأمل الجدي في حالة الثروات الطبيعية وفي تغيرات البيئة الطبيعية التي قد تكون لا انعكاسية (لارجعة فيها) وغير مرغوب بها لحياة البشر •

لم يحدث في تاريخ البشرية ان العلم عجز عن حل المشاكل التي واجهت البشرية • وقد اثبت تطور العلم والتكنيك ان الأفكار المتشائمة عن مستقبل الأنسان افكار غير معقولة • الا ان هذا يجب ان لايكون اساساً لتفاؤل وهمي كاذب بالعلم والتكنيك ، يبالغ في امكانياتهما بالاستقلال عن الظروف الأجتماعية • ومن الجهة الأخرى يجب ان نسعى للكشف عن الجوانب الجديدة نوعياً للمشاكل الراهنة ، وحلها على مقياس عالمي ، وفي القطر الواحد ايضاً • ومن هذه الجوانب الجديدة نوعياً في العلاقة الراهنة بين الأنسان والبيئة تأثير الأنسان على الطبيعة تأثيرا شاملا واسعاً مكثفاً ، يجعل من الضروري السعي لأيجاد حل عالمي للمشاكل الناشئة •

هنا يكون الأمن والسلام اهم شرط لحل جميع المشاكل الأخرى • فسباق التسلح ، اضافة الي مايحمله من خطر كارثة نووية ، تبذير لامعنى له للثروات

المادية والفكرية للبشرية التي تحتاجها لمكافحة الجوع والمرض والأمية ، ولحل المشاكل الأجتماعية ومشاكل البيئة والمواد الأولية .

تطور العلم والنظرة للعالم

تنشأ من التطور الراهن في العلم والتكنيك مشاكل معقدة عديدة ، ينبغي على البشرية حلها . فتأثير المعارف العلمية ـ الطبيعية والأنجازات التكنيكية على المجتمع يتجسد بشكلين : الأول يتوجه لخير البشر (كصنع المكائن والأجهزة التي تسهل العمل ، وتطوير مصادر جديدة للطاقة والأستفادة منها ، وتركيب مواد جديدة عديدة لها فائدة عملية كبيرة ، وزيادة الغلة في الزراعة ...) ، والثاني يلحق الضرر بالبشر (كأسلحة الأبادة الجماعية ، والبطالة في العالم الرأسمالي بسبب تزايد استخدام المكائن الأوتوماتيكية ، والأساءة الى العلاقة بين الأنسان والبيئة) . وتنتج من ذلك مسائل نظر عالمية عديدة بخصوص العلاقة بين التقدم العلمي

ـ التكنيكي والتقدم الأجتماعي ، منها :

ـ ماهي الأخطار الحقيقية التي تنتج من تجارب الأسلحة النووية وسباق التسلح الذي تفرضـــه الأمبريالية ، واستخدام الأسلحة الكيمياوية والبيولوجية على صحة الناس وتوازن البيئة ؟ •

ـ هل ان استخدام احدث المعارف العلمية فـي التكنيك مفيد للأنسان دائماً وعلى الأطلاق ، ام ينشأ من ذلك ضرر بحيث يصبح من الضروري كبح جمـاح التقدم العلمي ـ التكنيكي لصالح البشرية ؟ •

ـ هل يتطابق تطور العلم والتكنيك مـــع الطموحات الخيرة للبشرية ام يتعارض معها ؟ •

وهنا يدور البحث حول مسائل نظر عالمية عـن فحوى الحياة ، وموقع الأنسان في العالم ، وطبيعـة التقدم الأجتماعي •

النظرية الفلسفية ليست وصفة جاهزة ، انمـا تثرى وتتدفق دائما بالمعارف العلمية الأختصاصية •

فالتطور الراهن في علوم الطبيعة يأتي بعدد من المعارف والأكتشافات التي ، ان عمست فلسفياً ، يمكن ان تساهم في تطوير النظرية الفلسفية الجدلية كنظرية للتطـــور والرابطة العامة • فنتائج البحث في حقل الدقائق الأولية يمكن ان تؤدي الى معارف جديدة في مسألة الذريـة الفلسفية ، وتطور التكنيك والعلـوم التكنيكيـــة يؤدي الى معارف جديدة بخصوص جدلية الطبيعـي والأجتماعي ، والرابطة بين الأشكال المختلفة لحركـة المـــادة •

مسؤولية العالم الاخلاقية

الأكتشافات في علم الطبيعة بذاتها ليست صالحـة او طالحة ، حسنة او سيئة ، بشكل مجرد ، انما تصبح كذلك في ظل علاقات اجتماعية معينة ، قد تدعم استغلال الأنسان وتسبب الحرب ، او تحرر الأنسان من الأستغلال وتقضي على اسباب الحروب •

والعلم يستطيع ان يساهم بشكل جذري في عملية تحرير الأنسان تلك ، كما يستطيع تغيير الأنسان نفسه ، وتغيير نمط حياته .

ومن الأكيد ان البحث العلمي لن يتوقف . لذلك علينا ان ندرك الخير والشر الذي يأتي به العلم . والعلم نفسه يقدم لنا الوسائل لدعم الخير ودرء الشر .

قد يقال ان مسؤولية العالم تنحصر في ان يهتم باستخدام اكتشافاته ومعارفه العلمية استخداماً سلمياً لمنفعة البشر . ولكن كيف يستطيع ذلك ؟ فقد يعيش في مجتمع ليس له تأثير فيه على استخدام اكتشافاته . وقد تؤدي الأكتشافات الأساسية ، كاكتشاف اوتوهان لانشطار نواة اليورانيوم ، الى نتائج مختلفة تماماً لا يمكن التنبؤ بها في الغالب (كصنع القنبلة الذرية) — أي ان المسألة لاتنحصر في علاقة العالم باكتشافاته ومعارفه فقط ، انما يتحمل واجب السيطرة على العلم ،

الى جانب المسؤولية الشخصية للعالم . وهذا يقودنا ثانية الى قضية العلاقات الاجتماعية السائدة التـــي تؤثر على طابع تلك السيطرة .

لقد فتح انتاج اسحلة الأبادة الجماعية واستخدامها اعين الكثير من الناس ، والعلماء منهم ، على اخطـــار الأكتشافات العلمية . فحين علم اوتوهان ، مكتشف انشطار اليورانيوم ، برمي القنابل الذريـــة على المدن اليابانية ، تآلم كثيرا للنتائج التي ادى اليها اكتشافه . وفي ٧ آب (اغطس) ١٩٤٥ (اليوم التالي لألقاء القنبلة الذرية على هيروشيما) كتب احد اصدقائه الذي كان وقتذاك معتقلا معه ومع علماء آخرين ، في مذكراته اليومية : « بروفسوهان الحزين ! لقد حدثنا ذات يوم انهحينعلم بالاثار المريعةالتي يحوزهاانشطار اليورانيوم لم يذق طعم النوم ليالي عديدة ، ... وذهب بهانزعاجه الى التفكير في ما اذا كان بالامكان رمي كل اليوانيوم في البحر ، بغية تجنب مثل تلك الكارثة »[٥٦] .

تبدو دراسة الفحوى الانساني للبحث العلمي اشد من ذلك تعقيدا عند النظر في اخطار اخرى • لنأخذ مثلا تسمم الطبيعة بواسطة المواد اليكمياوية المستعملة لمكافحة الحشرات الضارة • والنجاح في هذه المكافحة بالتخلص من الحشرات الضارة وزيادة الغلة يبرر هذا العمل • ولكن قد تتطور اثناء ذلك حشرات ضارة ذات مقاومة اكبر ، مما يتطلب زيادة قوة السموم • وقد يظهر مفعول جانبي بسبب ذلك ، لأن تلك السموم لا تبيد الحشرات الضارةوحدها ، وانماتبيد أشكلا اخرى من الحياةايضا •ويمكن ايراد امثلة الكيمياء والصيدلية وعلم الوراثة ، نظراً لاهميتها للانسان • فألى مدى مثلا يصح استعمال العقاقير الطبية ؟ واين تبدأ اساءة استعمالها ؟ والىأي النتائج تؤدي « الهندسة الوراثية »؟ ليس من السهل الأجابة على هذه الاسئلة اذا اردنا تجنب الأبتذال والسطحية •

والتطور التكنيكي يساعد اليوم على سد حاجة الكثير من الناس من المعلومات والأخبار عن طريق وسائل الأعلام الجماهيري ، كالصحافة والراديو والتلفزيون ، واطلاعهم على الثروة الثقافية من الماضي والحاضر • ولكنه يؤدي ايضاً الى التلاعب بالوعي في ظروف رأسمالية الدولة الاحتكارية • فالاعلان والدعاية ترسم للعلاقات الاجتماعية والفرد صورة ناقصة مشوهة • والكثير من الناس يتلقفون هذه الصورة وكأنها صحيحة من حيث لا يشعرون •

أريد بهذه الأمثلة القليلة ان توضح المخاطر التي قد تنشأ من اساءة استغلال المعارف العلمية على الأنسان وعلى التطور الأجتماعي •

يوضع البحث العلمي احياناً ، وبصورة خاطئة ، فوق الأنسان الذي يجب ان يكون العلم خادماً له ، ويعزل عن مصلحة الأنسان تماماً ، ويقنع بقناع « البحث المجرد » دون اعتبار للنتائج • ولكن اذا اتخذت المعرفة

مقياساً وحيداً للبحث العلمي ، دون تحديــد الهدف الأنساني أصبح الانسان مجرد اداة للعلم ، وفقــد سيطرته على نتائج البحث العلمي . هنا تصبح العلاقة بين العلم والانسان مسألة يجب ان تدرس وتحل بأسلوب علمي ايضا .

فأذا اقتصر المرء على اعتبار التوصل للحقيقة هي القيمة الوحيدة للعمل العلمي ، فذلك يعني ان مسؤولية العالم لا تكمن الا في البحث عن الحقيقة في العلاقات في الطبيعة . هكذا كانت الأبحاث التي استهدفت صنع القنبلة الذرية بالنسبة لفرمي « فيزياء جميلة » ! ولكن الروح الأنسانية تتطلب عدم الاقتصار على فحص صحة المقولات والفرضيات العلمية ، انما تستلزم ايضاً تحديد قيمتها بالنسبة للناس عند استخدامها . الا ان ذلك يثير الكثير من المصــاعب امام علماء الطبيعة في البلــدان الرأسالية الذين يرون الطريق مسدوداً امام تحقيق اهدافهم الانسانية . ولا يمكن حل هذه المشكلة نظرياً

الا بعدم الأقتصار على ادراك اهمية علم الطبيعة في تطوير القوى المنتجة ، انما يجب ايضـــاً معرفة دور علاقات الانتاج في تطوير المؤسسات والأفكار الأجتماعية ، بما في ذلك الأفكار المتعلقة بقيمة العلم . وتلك مهمة كثيرة التعقيد دون شك، لأنها تستلزم الاحاطة ببعض المعارف العلمية ــ الاجتماعية ، ومعرفة علاقة العلم بالإقتصاد والسياسة والأيديولوجيا كأساس يعتمد عليه في اتخاذ القرارات الاخلاقية .

الهوامش

1. A. Einstein/L. Iifeld, Die Evolution der Physik, Hamburg 1956, S. 42.
2. W. Heisenberg, in : A. Einstein/M. Born, Briefwechsel 1916 - 1955, Hamburg 1972, S. 9 - 10.
3. P. Langevin, La pensée et l'action, Paris 1950.
4. C.W. v. Weizsäcker, Zum Weltbild der Physik, Stuttgart 1970, S. 201.
5. H. v. Helmoltz, Populärwissenschaftliche

Vorträge, Heft 1, Braunschweig 1865, S. 7.
6. F. Engels, Dialektik der Natur, Berlin 1973, S. 202.
7. W.I. Lwow, Albert Einstein -eLeben und Werk, Leipzig 1957, S. 99.
8. W. Heisenberg, Physik und Philosophie, Berlin 1959, S. 113.
9. C.F. v. Weizsäcker, Zum Weltbild der Physik, Stuttgart 1958, S. 80.
10. H. Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie, Berlin 1966, S. 88.
11. M. Born, Physik, im Wandel der Zeit, Braunschweig 1959, S. 36.
12. M. Born, Physik, und Politik, Göttingen 1960, S. 44.
13. I. Newton, Opticks, London 1704, Q. 31.
14. W. Heisenberg, Wandungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, Leipzig 1945, S. 108.
15. E. Mach, Erkenntnis und Irrtum, Leipzig 1917, S. 283.
16. P.S. Laplace, Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeit, Leipzig 1932, S. 1 f.
17. H. v. Helmholtz, zitiert nach : Einstein/In-

feld, Die Evolution der Physik, Hamburg 1959, S. 85.
18. H. Hörz, Materialistische Dialektik und Naturwissenschaften, in : Hörz/Röseberg (Hrsg.), Materialistische Dialektik in der physikalischen und biologischen Erkenntnis, Berlin 1981, S. 49.
19. M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, Braunschweig 1957, S. 49.
20. F. Exner, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften, Wien 1910, S. 701.
21. M. Planck, Wege zur physikalischen Erkenntnis, Leipzig 1944, S. 64.
22. E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Wien 1904, S. 524.
23. C.W.F. Hegel, Wissenschaft der Logik, 1, Teil, S. 141.
24. W. Heisenberg, Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik, Z. Physik 43 (1927), S. 172.
25. B. Spinoza, Ethik, Leipzig 1949, S. 31.
26. H. Hörz, Der dialektische Determinismus in

Natur und Gesellschaft, Berlin 1971, S. 196 ff.
27. I. Lakatos, in : Lakatos/Musgrave (Hrsg.), Kritik und Erkenntnisfortschritt, Braunschweig 1974, S. 181.
28. A.F. Joffe, Begenungen mit Physikern, Leipzig 1967, S. 60.
29. Bernal, Die Wissenschaft in der Geschichte, Berlin 1967, S. 304.
30. A. Einstein, Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstherie, Berlin 1970, S. 65.
31. A. Einstein, ebenda.
32. I. Kant, Kritik der reinen Vernunft, Leipzig 1956, S. 457.
33. I. Feuerbach, Kleine philosophische Schriften, Leipzig 1950, S. 65.
34. F. Engels, Werke, Bd. 20, Berlin 1962, S. 48.
35. A.D. Alexandrow, Die moderne Naturwiessenschaft, Moskau 1969, S. 219.
36. V.A. Vock, Quantenphysik und Struktur der Materie, in : Struktur und Formen der Materie, Berlin 1969, S. 149.
37. Heber/Weber, Grundlagen der modernen

Quantenphysik, Leipzig 1969, S 56.
38. M. Born, Physik im Wandel der Zeit, Braunschweig 1959, S. 179.
39. P. Jordan, Das Bild der modernen Physik, Berlin 1957, S. 45.
40. P. Jordan, Physik im Vordringen, Braunschweig 1940, S. 74.
41. W. Heisenberg, Zeitschrift für Physik, 43 (1927), S. 197.
42. W. Heisenberg, Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft, Leipzig 1945, S. 53.
43. ebenda, S. 57.
44. ebenda, S. 66.
45. N. Bohr, Atomtheorie und Naturbeschreibung, Berlin 1931, S. 36.
46. W. Pauli, Aufsätze und Vorträge über Physik und Erkenntnistheorie, Braunschweig 1961.
47. E. Schrödinger, Was ist ein Naturgesetz? In : Naturwissenschaften, 17 (1929), S. 74.
48. M. Born, Physik und Politik, Göttingen 1960, S. 8.

49. M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, Braunschweig 1959, S. 101.
50. ebenda, S. 104.
51. ebenda, S. 179.
52. A. Einstein, Bemerkungen, in : Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher, Stuttgart 1955, S. 494.
53. ebenda.
54. A. Einstein, nach M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, Braunschweig 1959, S. 228.
55. L. Wittgenstein, Tractatus Logico-Philosohicus, Frankfurt/Main. 1964.
56. E. Bagge, Von der Uranspaltung bis Calder Hall, Hamburg 1957, S. 57.

المراجع

1. J.D. Bernal, Die Wissenschaft in der Geschichte, Berlin 1967.
2. N. Bohr, Atomtheorie und Naturbeschreibung Berlin 1931.
3. M. Born, Physik im Dandel der Zeit, Braunschweig 1959.
4. K. Delokarov, Relativitätstheorie und Materialismus, Berlin 1977.
5. A. Einstein, Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie, Berlin 1970.
6. A. Einstein, Grundzüge der Relativitätstheorie, Berlin 1970.
7. Einsten/Infeld, Evolution der Physik, Hamburg 1956.
8. Erpenbeck/Hörz, Philosophie contra Naturwissenschaft?, Berlin 1977.
9. V.A. Fock, Über die Interpretation der Quantenmechanik, in : Philosophische Probleme der modernen Naturwissenschaft, Berlin 1962.
10. N. HagerModelle in der Physik, Berlin 1982.

11. W. Heisenberg, Physik und Philosophie, Frankfurt/M. 1955.
12. H. Hörz, Werner Heisenberg und die Philosophie, Berlin 1968.
13. H. Hörz, Materiestruktur,, Berlin 1971.
14. H. Hörz, Der dialektische Determinismus in Natur und Gesellschaft, Berlin 1974.
15. H. Hörz, Physik und Weltanschauung, Berlin 1975.
16. H. Hörz, M. Philosophie und Naturwissenschaften, Berlin 1976.
17. H. Hörz, Mensch contra Materie?, Berlin 1976.
18. H. Hörz, Zufall - eine philosophische Untersuchung, Berlin 1980.
19. Hörz/Pöltz (Hrsg.), Philosophische Probleme der Physik, Berlin 1978.
20. Hörz/Röseberg (Hrsg.), Materialistische Dialektik in der physikalischen und biologischen Erkenntnis, Berlin 1981.
21. Hörz/Omeljanovski (Hrsg.), Experiment-Modell-Theorie, Berlin 1982.
22. H. Korch, Das Problem der Kausalität, Berlin 1965.

23. H. Ley, Bemerkungen zu den Beiträgen von Max v. Laue und R. Havemann, in : Naturwissenschaft und Philosophie, Berlin 1960.
24. E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Wien 1904.
25. R. Mocek, Gedanken über die Wissenschaft, Berlin 1980.
26. M. Plank, Wege zur physikalischen Erkenntnis, Leipzig 1944.
27. U. Röseberg, Determinismus und Physik, Berlin 1975.
28. U. Röseberg, Quantenmechanik und Philosophie, Berlin 1978.
29. U. Röseberg, Philosophie und Physik, Leipzig 1982.
30. J. Schreiter, Zur Kritik der philosophischen Grundpositionen des Wiener Krieses, Berlin 1977.
31. Steinberg/Griese/Grundmann, Relativitätstheorie und Weltanschauung, Berlin 1967.
32. H.J. Treder, Philosophische Probleme des physikalischen Raumes, Berlin 1974.
33. H. Vogel, Zum philosophischen Wirken Max Planks, Berlin 1961.

34. H. Vogel, Physik und Philosophie bei Max Born, Berlin 1968.
35. C.F.v. Weizsäcker, Die philosophische Interpretation der modernen Physik, Leipzig 1972.
36. Wollgast/Teinz (Hrsg.), Dialektik in der modernen Naturwissenschaft, Berlin 1973.

x x x x x

37. Hörz/Löther/Wollgast (Hrsg.), Philosophie und Naturwissenschaften - Wörterbuch, Berlin 1978.
38. Klaus/Buhr (Hrsg.), Philosophisches Wörterbuch, Leipzig 1976.

القسم الثالث : بعض النظريات الفيزياوية ومسائلها الفلسفية

٥ ــ الميكانيك
٦ ــ الثرموديناميك
ــ قوانين الثرموديناميك الرئيسية
ــ التفسيرات الفلسفية للقانون الثاني للثرموديناميك
٧ ــ الظرية النسبية
ــ النظرية النسبية الخاصة والعامة
ــ الاهمية الفلسفية للنظرية النسبية
ــ الفضاء والزمان في الفيزياء
ــ الفضاء والزمان في الفلسفة
ــ النسبي والمطلق والنظرية النسبية
ــ النظربة النسبية والكوسمولوجيا
ــ الكون واللانهائية

٨ ــ النظرية الكوانتية

ــ ثنائية الدقيقة الموجة
ــ النظرية الكوانتية
ــ علاقة اللادقة
ــ مبدأ التكميلية
ــ مبدأ التطابق
ــ فابلية الرصد
ــ مدرسة كوبنهاكن

٩ ــ الدقائق الاولية
ــ الذرية في التاريخ
ــ فيزياء الدقائق الاولية
ــ التعميمات الفلسفية للذرية الفزياوية

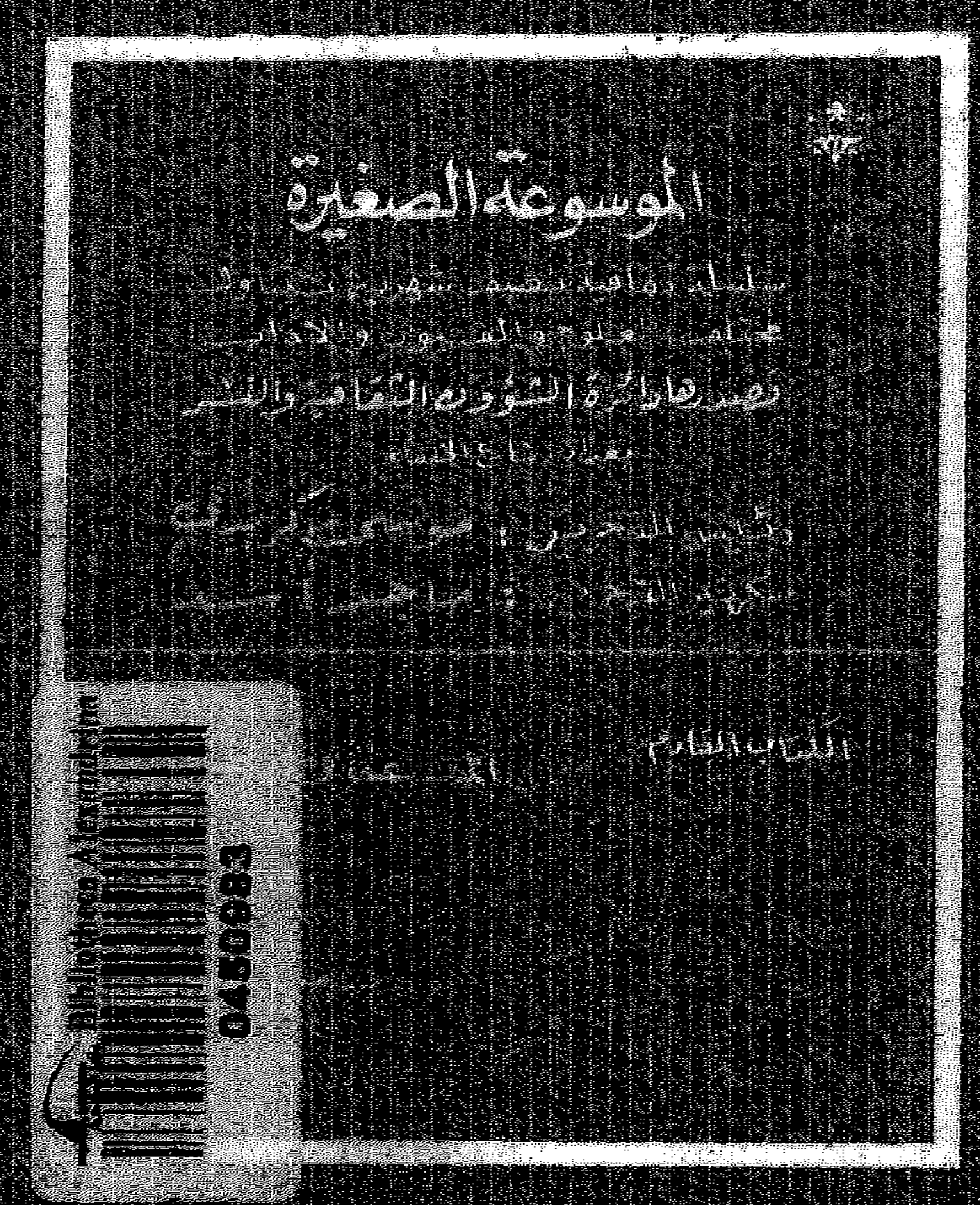
القسم الرابع : الفيزياء في الصراعات الفكرية والاجتماعية

١٠ ــ الفيزياء وفلسفة الطبيعة البرجوازية المعاصرة
ــ « فلسفة العلم » الوضعية
ــ الفيزيائية
ــ الاصطلاحية
ــ الاجرائية

١١ ــ علم الطبيعة والمجتمع
ــ الطبيعة والمجتمع
ــ تطور العلم والنظرة للعالم
ــ مسؤولية العلم الاخلاقية

رقم الايداع في المكتبة الوطنية ـ بغداد
(١٣٤٦) سنة ١٩٨٥

دار الحرية للطباعة ــ بغداد
١٤٠٦ هـ ١٩٨٥ م


الموسوعة الصغيرة
تصدرها دائرة الشؤون الثقافية والنشر
الكتاب القادم